

ISSN 2077-3617

Міністерство освіти і науки України

Херсонський державний морський інститут

НАУКОВИЙ ВІСНИК

**ХЕРСОНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО МОРСЬКОГО
ІНСТИТУТУ**

Науковий журнал

№ 2 (3)

Херсон
2010

Науковий вісник ХДМІ : Науковий журнал. – Херсон: Видавництво ХДМІ, 2010.
– № 2 (3). – 280 с.

Засновник і видавець – ВНЗ «Херсонський державний морський інститут».

Рекомендовано до друку на засіданні Вченої Ради Херсонського державного морського інституту 18.11.2010 р., протокол № 4.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

ХОДАКОВСЬКИЙ Володимир Федорович, к.і.н., професор, головний редактор;

БАРДАЧОВ Юрій Миколайович, д.т.н., професор, заступник головного редактора;

КУЛКОВА Лілія Борисівна, д.пед.н., професор, заступник головного редактора;

БЕНЬ Андрій Павлович, к.т.н., доцент, заступник головного редактора;

Члени редакційної колегії:

БУКЕТОВ Андрій Вікторович, д.т.н., професор;

ГОЛОБОРОДЬКО Євдокія Петрівна, д.пед.н., професор;

ЄВТУХ Микола Борисович, д.пед.н., професор;

ІСАЄВ Євгеній Олексійович, д.т.н., професор;

ЛЕОНОВ Валерій Євгенович, д.т.н., професор;

МАЛИГІН Борис Вадимович, д.т.н., професор;

МАРМУЛЬ Лариса Олександрівна, д.е.н., професор;

СОКОЛОВА Надія Андріївна, д.т.н., професор;

ХОДАКОВ Віктор Єгорович, д.т.н., професор.

Адреса редакційної колегії:

73000, м. Херсон, пр. Ушакова, 20, тел. (0552) 49-61-74

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації у Міністерстві юстиції України за №15256-3828 ПР від 30.04.2009 р.

ISSN 2077-3617

© ВНЗ «Херсонський державний морський інститут», 2010

МОРСЬКИЙ ТА РІЧКОВИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 62-50

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ (СППР)
ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ
З АВТОМАТИЗАЦІЄЮ ВИБОРУ КРАЩОЇ МОДЕЛІ**

Бідюк П.І.,

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,

Бень А.П.,

Херсонський державний морський інститут

Вступ. Для аналізу даних, побудови їх математичних моделей, оцінювання прогнозів та прийняття рішень широко застосовують системи підтримки прийняття рішень (СППР). На сьогодні існує велика кількість інформаційних систем, які дозволяють зберігати та обробляти статистичні дані різних процесів, накопичені знання та досвід у створенні методів прогнозування різних характеристик часових рядів [1, 2]. Також існує велика кількість критеріїв якості моделі та ефективності прогнозу. Однак не існує універсальних інформаційно-аналітичних систем, що дозволяють автоматично здійснювати вибір найкращої моделі або найкращого методу для прогнозування окремого часового ряду. Це суттєво обмежує коло користувачів СППР, вимагає від них спеціальної підготовки і вносить суттєвий елемент суб'єктивізму в процес вибору кращого результату.

У даній роботі розглядається створення експертної системи для аналізу, моделювання та прогнозування часових рядів за допомогою різних методів на основі авторегресії та множинної регресії. Система здійснює імпортування досліджуваного часового ряду і будує безліч математичних моделей за допомогою обраних методів. Потім автоматично вибирає найкращу модель за кожним методом, а так само визначає найкращий метод і модель для прогнозування даного часового ряду на основі інтегрального критерію, який ґрунтується на відомих статистичних критеріях якості.

Постановка задачі. Необхідно розробити інформаційно-аналітичну систему (ІАС) для автоматичної побудови моделі для досліджуваного часового ряду за кожним реалізованим методом, а також найкращу модель серед усіх побудованих для прогнозування ряду на декілька кроків вперед. Для оцінювання структури моделі застосувати автоматизоване тестування

процесів за допомогою тестів на інтегрованість і гетероскедастичність. Для побудови моделей вибрано такі моделі [3]:

- авторегресія;
- просте ковзне середнє;
- експоненційне ковзне середнє;
- авторегресія із ковзним середнім (ковзне середнє будується за залишками моделі АР);
- авторегресія із ковзним середнім (ковзне середнє будується по вихідному сигналу);
- множинна регресія;
- авторегресія з умовною гетероскедастичністю;
- узагальнена авторегресія з умовною гетероскедастичністю.

Також потрібно побудувати узагальнюючий (консолідований) критерій оцінки якості моделі, визначити можливість його застосування при прогнозуванні для автоматизації процесу вибору кращої моделі з множини кандидатів, побудованих у СППР. При створенні консолідованого критерію пропонується використати такі статистичні параметри якості моделі та прогнозу:

- коефіцієнт детермінації;
- сума квадратів похибок моделі;
- інформаційний критерій Акайке;
- критерій Байєса-Шварца;
- статистика Дарбіна-Уотсона;
- середньоквадратична похибка;
- середня абсолютна похибка в процентах (САПП);
- коефіцієнт Тейла.

Розробка архітектури СППР. Спочатку вибираємо архітектуру СППР, виконуємо розробку її функціональної структури, узгоджуємо функціональні вимоги з вимогами замовника. Далі розроблюємо інтерфейс системи на основі узгоджених функціональних вимог (рис. 1).

Система представлення результатів дає можливість представити результати моделювання та прогнозування фінансово-економічних процесів у таких формах:

- графічна форма (лінійні графіки, діаграми різних типів);
- таблична форма;
- текстова форма.

Основними запитами мовної системи, які необхідні для підтримки діалогу користувач-система, є:

- запити на модифікацію та доповнення бази даних і знань;
- введення нових алгоритмів оцінювання параметрів математичних моделей;
- розширення функцій системи за рахунок нових алгоритмів прогнозування фінансових показників;

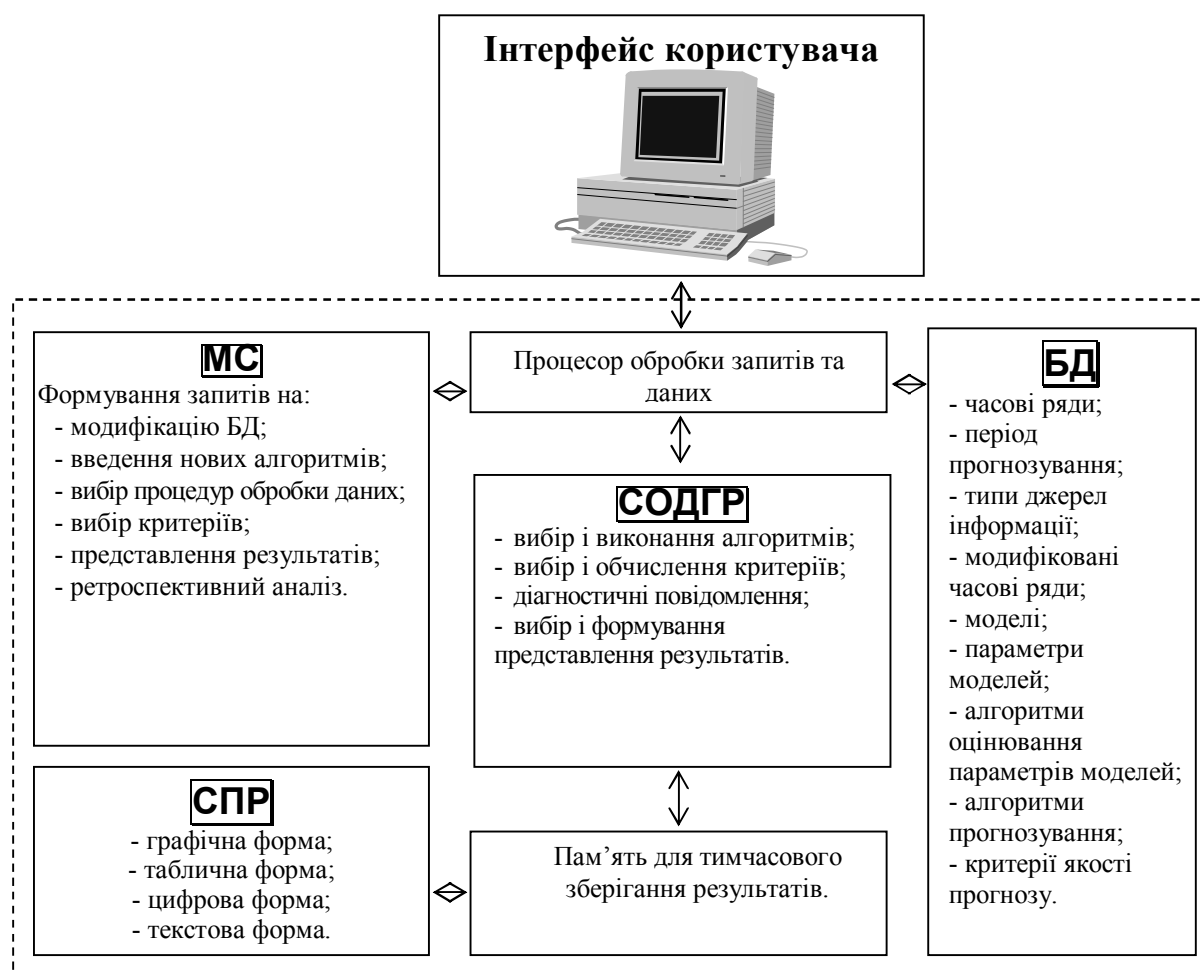


Рисунок 1 – Структурна схема СПДР

- запити на формування конкретних процедур обробки даних та прогнозування;
- запити на вибір та формулювання критеріїв розв'язку задачі;
- запити на виконання задач моделювання і прогнозування;
- запити на форму представлення результатів;
- запит на ретроспективний аналіз розв'язування подібних задач у минулому з метою використання отриманих результатів;
- перевірка запитів на коректність та генерування підказок користувачу;
- запит стосовно поточного стану системи.

Головною з точки зору обробки даних СПДР є система обробки даних та генерування результатів. Вона сприймає коректні запити користувача і виконує наступні задачі:

- модифікація та доповнення БЗД;
- читання необхідних даних у вигляді часових рядів для побудови моделей;
- вибір з БЗД алгоритмів оцінювання та прогнозування;
- запуск на виконання модулів обробки даних та прогнозування;
- формування результатів обробки даних та їх зберігання в короткостроковій та довгостроковій пам'яті;

- ретроспективний аналіз розв'язків задач, отриманих раніше;
- порівняльний аналіз методів прогнозування;
- генерування діагностичних повідомлень;
- генерування вказівок користувачу щодо можливостей системи.

Модульна структура системи. Модульна структура розробленої СППР представлена на рисунку 2. Розглянемо коротко деякі функції, представлені на рисунку. Це функції тестування даних на наявність нестационарності, формування структури моделі, оцінювання параметрів моделей та оцінювання якості моделей і прогнозів.

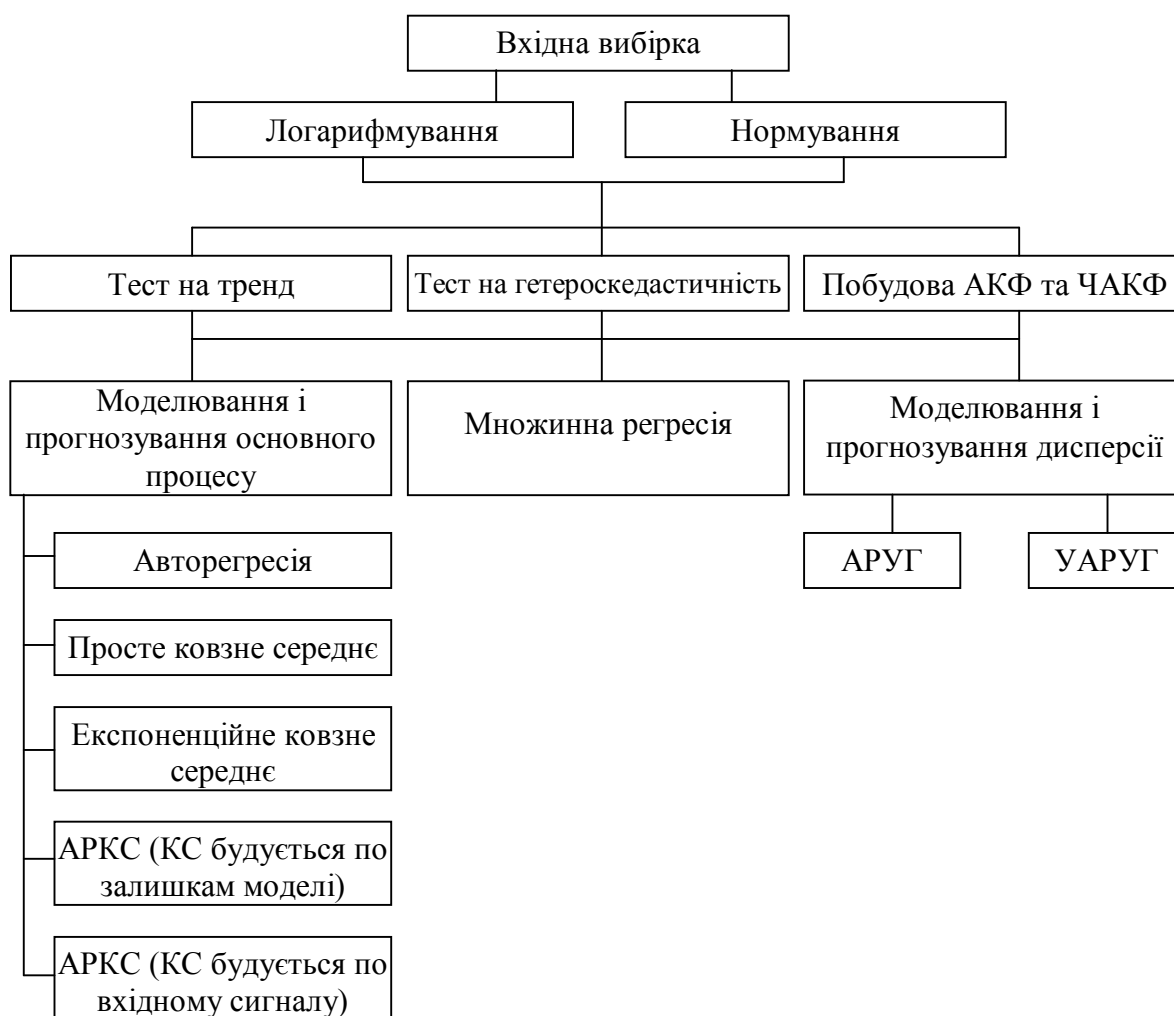


Рисунок 2 – Модульна структура системи

Тести на виявлення нестационарності. При визначенні наявності нестационарності (тобто наявності одиничного кореня в характеристичному рівнянні) пропонується скористатися тестом Дікі-Фуллера. За допомогою цього критерію визначають – яку величину має коефіцієнт a_1 у рівнянні:

$$y(k) = a_1 y(k-1) + \varepsilon(k),$$

тобто $a = 1$ чи $a < 1$. Якщо $a = 1$, то дані містять одиничний корінь і ступінь інтегрованості дорівнює $I(1)$. Якщо ж $0 < a_1 < 1$, то ряд стаціонарний, тобто має ступінь інтегрованості $I(0)$. Для фінансово-економічних процесів значення $a_1 > 1$ не характерно, тому що такі значення означають наявність у процесах різко зростаючих (спадаючих) ефектів. Виникнення таких процесів є мало ймовірним, оскільки фінансово-економічне середовище є достатньо інерційним і не дозволяє змінним приймати нескінченно великі значення за короткі проміжки часу.

Застосування МНК до розв'язання задачі оцінювання коефіцієнтів моделі часового ряду передбачає скінченність дисперсії залишків (похибок) $e(k)$ моделі. Наявність нестационарності призводить до порушення цього припущення. Розглянемо рівняння:

$$\begin{aligned} y(k) &= y(k-1) + e(k) = [y(k-2) - e(k-1)] + e(k) = \dots \\ &= y(0) + e(k) + e(k-1) + e(k-2) + \dots + e(1). \end{aligned}$$

Оскільки залишки $e(k)$ незалежні і мають постійну дисперсію, то дисперсія $y(k)$ зростає до нескінченності при $k \rightarrow \infty$. У такому випадку для описання динаміки ряду можна скористатись рівнянням:

$$y(k) - y(k-1) = a_1 y(k-1) - y(k-1) + e(k)$$

або

$$\Delta y(k) = b y(k-1) + e(k),$$

де $b = a_1 - 1$. Якщо $b = 0$, то ряд містить одиничний корінь і має ступінь інтегрованості $I(1)$, а ряд $\{\Delta y(k)\}$ може бути вже стаціонарним. Якщо ж $b < 0$, то $a < 1$ і стаціонарним буде сам ряд $\{y(k)\}$.

У рівнянні $y(k) = a_1 y(k-1) + \varepsilon(k)$ відсутнє середнє значення (перетин) і опис тренду. Якщо включити середнє, то воно приймає вигляд:

$$y(k) = a_0 + a_1 y(k-1) + \varepsilon(k),$$

або

$$\Delta y(k) = a_0 + a_1 y(k-1) - y(k-1) + \varepsilon(k) = a_0 + b y(k-1) + \varepsilon(k).$$

З урахуванням тренду останнє рівняння приймає вигляд:

$$y(k) = a_0 + a_1 k + a_2 y(k-1) + \varepsilon(k),$$

де k – дискретний час. Це рівняння можна записати для першої різниці

$$y(k) - y(k-1) = a_0 + a_1 k + a_2 y(k-1) - y(k-1) + \varepsilon(k),$$

або

$$\Delta y(k-1) = a_0 + a_1 k + b y(k-1) + \varepsilon(k).$$

Для такої моделі було б некоректно використовувати t -статистику з метою визначення значущості коефіцієнта b , оскільки застосування регресії для оцінювання цього коефіцієнта передбачає, що $b < 0$ ($a_1 < 1$). Тобто при $b \approx 0$ великий процент оцінок за t -статистикою не буде прийматися як значущий, тобто нульова гіпотеза стосовно існування одиничного кореня буде часто відкидатись.

Крім того, одиничні корені *робастні* (зберігаються і можуть бути виявлені) при різних ступенях гетероскедастичності, але можуть виникати проблеми з автокореляцією залишків моделі. В умовах наявності автокореляції залишків задача тестування на стаціонарність розв'язується за допомогою розширеного тесту Дікі-Фуллера. При використанні цього методу значення залежної змінної вводяться в рівняння регресії з великими значеннями лагу, достатніми для того, щоб уникнути автокореляції залишків. Це рівняння може мати такий вигляд:

$$\Delta y(k) = a_0 + b y(k-1) + c_1 \Delta y(k-1) + c_2 \Delta y(k-2) + \dots + c_n \Delta y(k-n) + \varepsilon(k).$$

Форма критерію значущості залежить від вигляду моделі, що тестується, тобто чи введено у модель середнє значення і член, який описує тренд.

Критерії якості моделі та прогнозу. Для оцінювання якості моделей та оцінок прогнозів, які будуються за допомогою СППР, вибрані статистичні критерії якості, наведені нижче.

Коефіцієнт детермінації (R^2). За міру інформативності часового ряду часто використовують його дисперсію. Коефіцієнт R^2 – це відношення дисперсії тієї частини часового ряду основної змінної, що описується отриманим рівнянням, до вибіркової дисперсії цієї змінної. Він обчислюється за формулою:

$$R^2 = \frac{\text{var}(\hat{y})}{\text{var}(y)}. \quad (1)$$

Для адекватної моделі коефіцієнт детермінації повинен прямувати до одиниці, тобто: $R^2 \rightarrow 1$.

Сума квадратів похибок моделі (SSE). $\sum e^2(k)$, тобто

$$SSE = \sum_{k=1}^N [\hat{y}(k) - y(k)]^2. \quad (2)$$

де $\hat{y}(k) = \hat{a}_0 + \hat{a}_1 \hat{y}(k-1) + \hat{a}_2 \hat{y}(k-2) + \hat{b}_1 x(k) + \hat{b}_2 z(k)$; $y(k)$ – вимірювання; N – довжина вибірки. З можливих кандидатів необхідно вибрати ту модель, для

якої $\sum e^2(k)$ приймає мінімальне значення на множині оцінок векторів параметрів моделей-кандидатів.

Інформаційний критерій Акайке (AIC). Цей критерій враховує суму квадратів похибок, кількість вимірів N і кількість оцінюваних параметрів p :

$$AIC = N \ln \left[\sum_{k=1}^N e^2(k) \right] + 2p. \quad (3)$$

Для кращої моделі критерій приймає менше значення, оскільки він залежить від СКП.

Критерій Байєса-Шварца (BSC). Даний критерій схожий на попередній, проте він додатково враховує довжину вибірки за допомогою члена $\ln(N)$:

$$BSC = N \ln \left[\sum_{k=1}^N e^2(k) \right] + p \ln(N). \quad (4)$$

Його рекомендують використовувати при довгих вибірках вимірювальних даних.

Статистика Дарбіна-Уотсона (DW). Статистика Дарбіна-Уотсона обчислюється за формулою:

$$DW = 2 - 2\rho, \quad (5)$$

де ρ – коефіцієнт кореляції між значеннями випадкової змінної $\varepsilon(k) \approx e(k)$, тобто $\rho = \text{cov}[e(k)] = E[e(k)e(k-1)]$. Цей параметр дозволяє визначити ступінь корельованості похибок моделі. При повній відсутності кореляції між похибками $DW = 2$, – це ідеальне значення даного параметра.

Середньоквадратична похибка (СКП):

$$СКП = \sqrt{\frac{1}{S} \sum_{i=1}^S y(k+s) - \hat{y}(k+s, k)}. \quad (6)$$

Середня абсолютна похибка в процентах (САПП):

$$САПП = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S \frac{|y(k+s) - \hat{y}(k+s, k)|}{|y(k+s)|} 100\%. \quad (7)$$

Коефіцієнт Тейла (U). Коефіцієнт Тейла – дуже важливий індикатор точності моделі і її сумісності з вихідним рядом даних:

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i)^2 + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\hat{y}_i)^2}}. \quad (8)$$

За побудовою, його величина знаходиться між 0 і 1. Якщо $U = 1$, модель не може бути використана для прогнозу. Якщо U прямує до нуля, то прогнозовані ряди співпадають з реальними рядами і модель є придатною для оцінювання прогнозів.

Формалізація консолідованого критерію. При розв'язанні поставленої задачі ми виходили з того, що необхідно об'єднати (1)-(8) таким чином, щоб усі критерії, які входять до консолідованого, мали однаковий вплив на кінцевий результат. Для цього пропонується нормувати значення деяких з них.

Таким чином, у консолідованому критерії пропонується застосовувати наступні значення: замість R^2 використовується значення e^{1-R^2} ; замість $SSE \rightarrow \frac{SSE}{N}$, де N – довжина вибірки. Оскільки інформаційний критерій Акайке та критерій Байєса-Шварца схожі за змістом, пропонується згрупувати їх в один елемент консолідованого критерію, а для врахування від'ємних значень пропонується використати наступне перетворення:

$$\begin{cases} \ln(AIC + BSC), & AIC + BSC \geq 0 \\ e^{AIC+BSC}, & AIC + BSC < 0 \end{cases}, DW \rightarrow e^{2-DW}, СКП \rightarrow \ln(СКП), САПП \rightarrow \ln(САПП), U \rightarrow e^U.$$

Таким чином, запропонований евристичний консолідований критерій має такий вигляд:

$$KK = e^{1-R^2} + \frac{SSE}{N} + \left\{ \begin{array}{l} \ln(AIC + BSC), \quad AIC + BSC > 0 \\ e^{AIC+BSC}, \quad AIC + BSC \leq 0 \end{array} \right\} + e^{2-DW} + \ln(СКП) + \ln(САПП) + e^U$$

Приклади застосування. Перевірка запропонованої СППР та консолідованого критерію виконувалась на прикладі ІСЦ (рис. 3.) України (щомісячні показники).

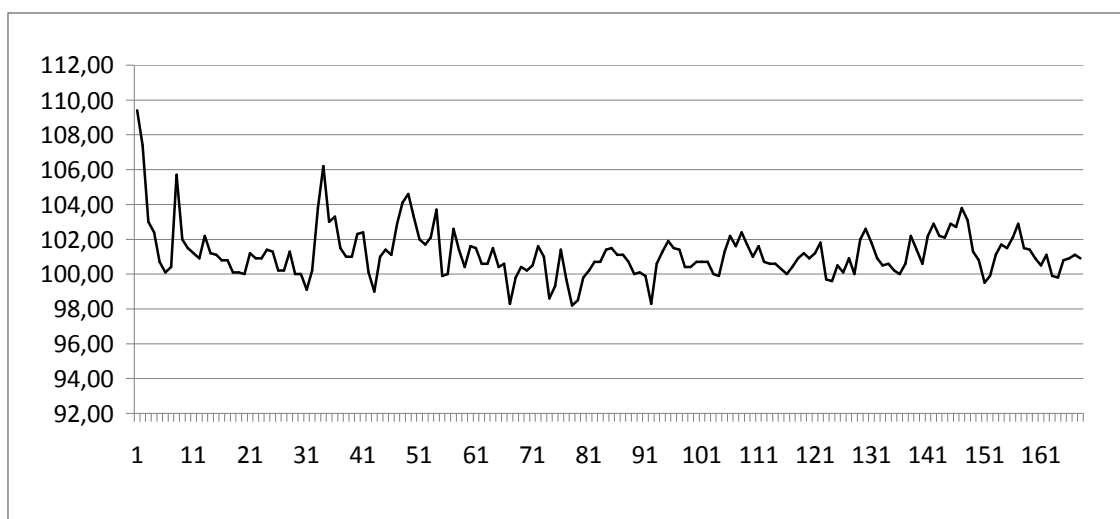


Рисунок 3 – ІСЦ України за період з січня 1996 по грудень 2009 (щомісячні показники)

Приклад 1. Моделювання ІСЦ України

Таблиця 1 – Результати моделювання індексу оптових цін

Тип моделі	Характеристики моделі					Характеристики прогнозу			
	ІК	R ²	AIC	DW	BSC	СКП	САПП	SSE	Коеф. Тейла
АР(8)	0,4133	0,6213	-4,6583	2,6910	-4,6583	0,2807	0,2572	0,3939	0,0014
SMA(6)	-1,3974	0,1814	0,007	1,7130	0,007	0,4475	0,3253	1,0014	0,0022
ЕМА(5)	0,5925	0,5722	-5,5354	2,1760	-5,5354	0,2571	0,2256	0,3305	0,0013
АРМА1(8,3)	0,0174	0,9104	-4,7419	2,8189	-4,7419	0,2783	0,2679	0,3874	0,0014
АРМА2(4,2)	0,0540	0,7273	-5,4040	2,8960	-5,4040	0,2605	0,2486	0,3393	0,0013

Приклад 2. Моделювання дисперсії ІСЦ України

Таблиця 2 – Результати моделювання дисперсії індексу оптових цін

Тип моделі	Характеристики моделі					Характеристики прогнозу			
	ІК	R ²	AIC	DW	BSC	СКП	САПП	SSE	Коеф. Тейла
АРУГ(7)	23,872	0,0279	19,174	1,3583	19,174	3,0427	40,162	46,288	0,4818
УАРУГ(6,5)	20,810	0,0421	17,782	1,9083	17,782	2,6472	62,080	35,037	0,3557

Приклад 3. Множинна регресія. Моделювання цін на акції підприємства «АзовСталь»

Таблиця 3 – Результати моделювання індексу оптових цін

Тип моделі	Характеристики моделі					Характеристики прогнозу			
	ІК	R ²	AIC	DW	BSC	СКП	САПП	SSE	Коеф. Тейла
Множинна регресія	10,545	0,0226	-14,406	1,0062	-14,406	0,1059	5,7476	0,0561	0,0298

Висновки. Побудована комп'ютерна інформаційна система підтримки прийняття рішень відповідає сучасним вимогам до систем такого типу. Сформульовано вимоги користувача та функціональні вимоги до СППР. Система включає множину тестів для попереднього тестування даних з метою їх віднесення до визначеного класу – стаціонарні чи нестаціонарні. Також передбачена попередня обробка даних з метою приведення їх до форми, яка забезпечує належні умови для оцінювання параметрів моделей-кандидатів. Структура моделі оцінюється за допомогою автокореляційної, часткової автокореляційної функції, кореляційної матриці та функцій взаємної кореляції. Для оцінювання параметрів моделей передбачена множина методів, які дають можливість оцінювати лінійні та нелінійні за параметрами моделі. З метою автоматизації процесу побудови та вибору моделі запропоновано інтегрований критерій, який ґрунтується на множині статистичних параметрів якості. Виконано перевірку функціонування СППР на фінансово-економічних процесах. Передбачається подальше удосконалення функціональних можливостей системи за рахунок введення нових методів оцінювання параметрів і тестів для визначення наявності можливих складових випадкових процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бокс Дж., Дженкінс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. – М.: Мир, 1974. – 408 с.
2. Бідюк П.І., Половцев О.В. Аналіз та математичне моделювання економічних процесів перехідного періоду. – К.: ПЛАБ-75, 1999. – 209 с.
3. Бідюк П.І., Савенков О.І., Баклан І.В. Часові ряди: моделювання та прогнозування. – К.: ЕКМО, 2003. – 144 с.

УДК 800.935:[656.61+378:656.61]

О ТЕРМИНОЛОГИИ, ОТНОСЯЩЕЙСЯ К МЕРАМ ДЛИНЫ НА МОРЕ

Морев О.Г.,

Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций

В статье отмечается необходимость грамотного использования терминов, связанных с мерами длины на море, и их значений как в практике плавания, так и в морских учебных заведениях.

Автором рассматриваются, с точки зрения профессиональной морской терминологии, меры длин, относящиеся к элементам графической навигационной прокладки, отображающей на морской карте движение судна и определение его местоположения.

Ключевые слова: меры длины, профессиональная морская терминология, графическая навигационная прокладка, движение судна, местоположение судна.

Введение и актуальность проблемы. Для квалифицированного рассмотрения вопросов, связанных с мерами длины на море, познакомимся с профессиональной морской терминологией, относящейся к элементам графической навигационной прокладки, отображающей на морской карте движение судна и определение его местоположения (счислимого или обсервованного).

В одном из главных документов для штурманской службы – «Рекомендациях штурманской службе...» (РШС) [1], для обозначения либо длины пути, пройденного (планируемого) судном, либо удалённости судна от некоторого наблюдаемого объекта (маяк, мыс, другое судно) использованы две литеры S и D . Расшифровка литеры S в РШС соответствует физической сути терминов, используемых для обозначения *длин отрезков прямой*: «*пройденное расстояние*», «*перемещение*», «*путь*». Названные термины являются по своей геометрической сущности векторами S , имея и направление (в градусах), и величину (в милях, кабельтовых). Однако для обозначения *меры удалённости ориентира от судна*, т.е. для *радиуса* D , в РШС почему-то использован двойной термин: «*расстояние (дистанция)*», т.е. по написанию *расстояние* и *дистанция* даны как бы синонимами. Однако обратимся к недавней истории вопроса.

Изложение основного материала. Примерно с середины XX века на российских судах и, хуже того, в специальной морской литературе (в том числе в учебниках, издаваемых для морских училищ), условные обозначения S и D , то есть и *перемещение судна*, и *меру удалённости некоторого объекта от судна*, почему-то чаще стали называть обобщённым, сугубо «*береговым, общегражданским*» термином – «*расстояние*». И хотя для обозначения *пройденного (планируемого) расстояния* всегда писали литеру S и никогда – D , литеру D используемую, по духу РШС, *только для обозначения меры удалённости ориентира от судна* – то есть для *радиуса (дистанции)*, часто называли и называют всё-таки тоже «*расстоянием*». Используемый в

недалёком прошлом термин «дистанция» был фактически утерян, лишь иногда используя в устной речи и в редких публикациях.

Такое упрощение речи моряков, по сути, отвергает необходимость и право на существование *профессионального морского языка*. Безусловно, опытный моряк сможет истолковать истинное значение термина «расстояние» для конкретных условий обстановки, то есть «перевести с русского на русский морской». Но одно дело – разговор моряков опытных, порой допускающих в речи или «лихую» небрежность, или простую безграмотность, и иное дело – **период начального обучения курсантов**. В морском учебном заведении, тем более, в Морской академии, безусловно, нужно учить «морской терминологии», а не «моряцкому сленгу». Так как условные обозначения *S* и *D* относятся к разным по геометрической сути и содержанию мерам длины, то у курсантов от одинаковости названия может возникать неясность, а самое главное – небрежное отношение к морской терминологии в целом.

К середине XX в. и в Мировом флоте, и в публикуемых Резолюциях Международной морской организации (ИМО) уверенно перешли к разному наименованию *S* и *D*.

Вектор *S* имеющий направление и величину, и обозначающий *пройденное расстояние* (рас-**стояние**) между двумя точками (по линии пути) именуют «*distance run*», а расстояние планируемое – «*distance*». Термин «*distance run*» в «Резолюциях ИМО» относят к величинам отрезков пути судна, измеренным **лагами**, т.е. устройствами, измеряющими *пройденное расстояние и скорость*.

Измеренный *дальномерным устройством* по времени прохода радиоволны (или вычисленный по измеренному вертикальному углу) *радиус *D** – *дистанцию* от судна до дуги, на которой где-то находится ориентир (или *от ориентира* до дуги, на которой где-то находится своё судно), ещё с прошлого века по-английски называют «*range*». Так, например, в XX в. одну из радионавигационных систем называли «*LORAN*»: «*LOng RAnge Navigation*» – «Радионавигационная система ДАЛЬНЕЙ навигации». Созданную в США в XX в. первую навигационную спутниковую систему называли «*NAVSTAR*» – *NAVigation Sistem of Timing And Ranging*: «Навигационная система измерения времени и дистанции (дальности)». Именно «*NAVSTAR*», созданная для нужд US Navy, с 2000 г. дала жизнь «гражданской» навигационной системе «GPS».

Русский термин «дистанция» не новый для отечественных как военного, так и гражданского флотов. Термины английский «*range*» и русская «дистанция» имеются в англо-русских и русско-английских словарях, изданных в СССР в первой половине XX века, используются в морской лексике и профессиональной литературе, например, в РШС и МТ-2000 [2]. Но, к сожалению, даже в этих важных изданиях термины представлены не совсем последовательно и однозначно, и зависят от компетентности конкретного автора текста.

Используемый также в навигационной терминологии термин

«дальность видимости» следует отнести к *ориентировочной, расчётной* дистанции обнаружения в море объектов (обусловленную, как правило, только высотой глаза наблюдателя и объекта), которую не измеряют каким-либо прибором, устройством, а рассчитывают по формулам или номограммам, без учёта влияния реальных внешних факторов. В результате «дистанция» относится к величине точной, детерминированной, например: «дистанция до ориентира $D = 123$ каб», а «дальность» – величина оценочная, вероятная. Так, например, «дальность видимого горизонта D_r », «дальность видимости предмета D_n », рассчитывают только по высоте глаза наблюдателя или ориентира. Это обстоятельство не гарантирует расчётную дальность обнаружения в действительности.

Кстати, в учебнике 2002 г. для канадских студентов Института морского рыболовства [3] радиус *дальности видимости* ориентиров назван «*Extreme range*», а дуга радиуса дальности видимости или измеренной радиолокатором дистанции D_p – «*Circles of Position*» [3], т.е. «*дуга местоположения*». В параграфе 5.6, рассматривающем погрешности измерений, *погрешность измерения лагом расстояния* – названа *Log Distance Errors*, а *погрешность измерения дистанции по РЛС* – *Radar Range Errors*» (выделено авт.). Это в Канаде. Для будущих моряков рыболовного флота. Как говорится, комментарии излишни.

Выводы. Итак, подведём итог. В *русской морской профессиональной терминологии*, как в практике плавания, так и, в особенности, в морских учебных заведениях, в качестве мер длин профессионально грамотно, на наш взгляд, надлежит использовать следующие термины и их значения.

Расстояние S – определённое по направлению положение *вектора пути судна*, отрезок между двумя точками, который измеряется лагом.

Термин описывает отрезок пути судна как пройденного, так и намечаемого. Он может быть использован также не только для отрезка *пути судна*, но и для *отстояния одного неподвижного морского ориентира от другого*, например, для *расстояния* между двумя выставленными вдоль оси фарватера *буями, плавмаяками*. Важно то, что расстояние S – фиксированное удаление одной неподвижной точки (*неподвижного объекта*) от неподвижной другой точки (*от неподвижного другого*).

Конечно же, на суше и для береговых ориентиров термин «*расстояние*» используют обычным порядком.

В термине *дистанция D* – определено положение только **одной точки** – *центра дуги* с равновероятным расположением **второй точки на дуге** измеренной дистанции D (см. «*Circles of Position*»). Для уточнения местоположения **второй точки** необходимо измерение второго (или другого) навигационного параметра, например, пеленг на *первый* или дистанцию до *второго* ориентира.

Морякам России, безусловно, необходимо вернуться на уровень мировой морской культуры в терминологии, восстановить **грамотное применение штурманами терминов мер длин и их обозначений**: «*пройденное или планируемое расстояние*» – обозначать буквой S , а букву D

расшифровывать как «дистанция», «дальность» до или от некоторого ориентира. Особенно это важно для морских учебных заведений, формирующих флотский профессионализм.

Приведем соответствующие итоговые формулировки.

1. Отрезок длины между двумя точками, расположенными на линии курса или пути судна, фактически пройденного или намечаемого, именуется расстоянием или перемещением и обозначается S (англ: *distance run, distance*), полагая, что расстояние (перемещение) измеряют лагом любого типа, или снимают с карты. «Расстояние» на карте – отрезок прямой.

2. Удалённость ориентира или другого судна от судна, на котором находится наблюдатель, т.е. удаленность ориентира от наблюдателя, именуется дистанцией с обозначением D (англ: *range*). «Дистанция» на карте – дуга измеренного радиуса с центром в одной известной точке из двух: если обрабатывают наблюдения до другого судна, то известная точка – своё судно, а другое – на измеренной дистанции; если идёт обработка обсервации по измеренным дистанциям до ориентиров, то за известную точку последовательно принимают место каждого ориентира. Обсервованное место своего судна окажется в точке пересечения измеренных дистанций, проведенных от ориентиров.

В общем случае *дистанцию* D измеряют *дальномерным устройством*, например, радиолокационной станцией – РЛС (радаром), т.е. непосредственно или вычисляют по измеренному вертикальному углу, пересчитывая его в дистанцию D_y . Затем от «первой точки» её проводят на карте в виде дуги – «дуги местоположения» второй точки.

Что же по геометрической сути представляют собой термины расстояние S и дистанция D применительно к элементам навигационной прокладки на карте.

Расстояние S (*distance*): мы знаем либо координаты обеих точек по линии пути, а измеряем длину и направление соединяющего их вектора, отрезка S (есть направление и величина), либо знаем координаты одной точки и вектор перемещения S (направление и величина), измеренного лагом до второй точки (*distance run*), получая её координаты. Естественно, дрейф и течение учитывают обычным порядком.

Дистанция D (*range*), измеряемая дальномерным устройством: мы знаем координаты только одной точки, от которой измеряем величину отстояния D – до второй точки, находящейся на дуге радиуса D . Как видим, дуга – не точка, а «многоточие», а у радиуса есть длина, но нет направления, значит, дистанция – не вектор.

Можно предложить и такой подход к рассматриваемым терминам: *расстояние* в море измеряют по воде, точнее, «в воде», а *дистанцию* – «в воздухе», над водной поверхностью.

Безусловно, разные геометрические понятия в Основах навигации должны называться по-разному. «Ходовой мостик» не терпит неопределённости.

В то же время отметим, что термин «расстояние» на море может применяться не только для элементарного вектора в навигационной

прокладке, но и в широком смысле. Так, для обозначения суммарной длины маршрута, например, от Мурманска до Нью-Йорка, используют идентичные термины: «*общее расстояние*», «*суммарное расстояние*», «*расстояние от ... до...*» – с учётом реальных особенностей прокладки маршрута: с использованием рекомендованных путей, обходом льда, выраженных течений, запретных районов. В такой ситуации «общее расстояние», как правило, не является «самым коротким расстоянием» между указанными пунктами. А вот использование термина «общая дистанция» в такой ситуации звучит вообще абсурдно, он абсолютно неприемлем.

Приведенное последнее сопоставление ещё раз подтверждает положение о том, что термины «расстояние» и «дистанция» – не синонимы и не могут произвольно, по чьему-то желанию или нежеланию, подменять друг друга.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по организации штурманской службы на судах Министерства морского флота СССР (РШС-89). – М.: В/О «Мортехинформ-реклама», 1990. – 64 с.
2. Мореходные таблицы (МТ-2000). – СПб.: ГУНиО МО РФ, 2002. – 575 с.
3. «Chartwork and Pilotage 040 and 041 Student Text Book». – Canada, Marine Institute, 2002. – 165 p.

Морев О.Г. ПРО ТЕРМІНОЛОГІЮ, ЩО НАЛЕЖИТЬ ДО МІР ДОВЖИНИ НА МОРІ

У статті наголошується на необхідності грамотного використання термінів, пов'язаних із мірами довжини на морі, та їх значень як у практиці плавання, так і в морських навчальних закладах.

Автором розглядаються, з погляду на професійну морську термінологію, міри довжини, що належать до елементів графічної навігаційної прокладки, які відображають на морській карті рух судна і визначення його місцеположення.

Ключові слова: міри довжини, професійна морська термінологія, графічна навігаційна прокладка, рух судна, місцезнаходження судна.

Morev O.G. ON TERMINOLOGY RELATED TO MEASURES OF LENGTH AT SEA

A need in literate use of terms associated with measures of length at sea and their values both in the practice of sailing and in maritime educational establishments is noted in this paper.

The author considers, from the point of view of professional marine terminology, measures of length related to the elements of graphic navigational plotting, representing on the marine chart a ship's motion and determination of its position.

Key words: measures of length, professional marine terminology, graphic navigational plotting, ship's motion, ship's position.

РАБОТА БАЛКЕРНОГО ТОННАЖА В УСЛОВИЯХ МИРОВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА

Нестеренко В.Б.,

Херсонский государственный морской институт

Статья касается работы балкерного тоннажа в условиях мирового экономического кризиса. Проанализированы и сравнены условия работы балкерного тоннажа в период, благоприятствующий торговому мореплаванию, и во время мирового экономического спада. Подробно описывается опыт работы автора в данных условиях. Определены дополнительные требования к судовладельцам и к качеству работы судовых экипажей в условиях мирового экономического кризиса. Статья представляет особый интерес для специалистов морского флота.

Ключевые слова: балкерный тоннаж, ставка фрахта, фрахтовый рынок, тайм-чартер.

Введение. Мировой экономический кризис вызвал падение производства в традиционно развитых районах планеты. Морской флот одним из первых ощутил холодное дыхание кризиса – резко упали объемы перевозок навалочных и насыпных грузов. В результате большое количество тоннажа осталось не востребованным. Судовладельцы вынуждены были выводить суда из эксплуатации и направлять их в отстой. В районах Сингапура, Шанхая, Пирея, Гибралтара и других мест скопления, количество судов в отстое исчислялось тысячами. Дорогостоящие современные суда оказались выброшенными кризисом из транспортного процесса.

Актуальность проблемы. Низкие ставки фрахта, переизбыток тоннажа, пополнение флота из ранее заказанного новостроя стимулировали процесс списания старых судов на слом. Высокая прибыльность балкерного флота в предыдущие годы вызвали рост заказов новостроя, которые начали реализовываться во второй половине 2009 года, что естественно повлияло на стабильность рынка судов этого типа. Резко оживился рынок металлолома и услуг разделочных баз. Цены на металлолом упали до уровня 270 долл. США за тонну. В 2009 г. неплохо наполнили свои мощности скраповыми судами все судоразделочные верфи. Особенно заметны успехи пакистанских, китайских и индийских верфей, сумевших в разы увеличить свои портфели заказов на разделку судов. Из 28,5 млн. т дедвейта судов, ушедших на слом за неполные 12 месяцев 2009 г., 9,7 млн. т или 34% приходится на балкерный тоннаж. Причем половину этой цифры составили ушедшие на слом балкера «хендисайз».

Обращает внимание тот факт, что Турция, специализирующаяся на разделке малых судов, отметилась первым судном класса «хендисайз», принятым к разделке.

В условиях роста цен на топливо, падения рынка, других неблагоприятных факторов судовладельцы были вынуждены снизить

зарплаты плавсоставу. Некоторые компании закрыли кадетские программы, сократили расходы на ремонт и техническое снабжение. В то же время значительно повысили требовательность к специалистам.

Автору пришлось работать на «панамаксах» в начале 2000-х годов, в благоприятное время для флота «навалочников». В ходе последней стажировки с августа 2009 года по январь 2010 года автору статьи случилось командовать «хэндисайзом» в сезон неустойчивой конъюнктуры рынка балкеров. Данная статья рассматривает, как изменились условия работы, насколько ужесточились требования к перевозчику в обстоятельствах сегодняшней ситуации, как усложнилась работа моряков в кризисных условиях, в каком направлении усилились требования к «человеческому фактору».

Постановка задачи.

1. Проанализировать и сравнить условия работы балкерного тоннажа в период, благоприятствующий торговому мореплаванью, и во время мирового экономического спада.

2. Определить дополнительные требования к судовладельцам и к качеству работы судовых экипажей в условиях мирового экономического кризиса.

Изложение основного материала. Согласно ожиданиям экспертов, фрахтовые ставки в третьем квартале 2009 года падали, так как спрос на сухогрузный тоннаж со стороны Китая снижался. Другие же страны не только не были способны это компенсировать, но и сами теряли потребность в нем.

В августе 2009 года Балтийский фрахтовый индекс (БФИ), являющийся барометром цен на перевозку таких грузов как железная руда, уголь, зерно и удобрения, продемонстрировал наиболее резкое падение – свыше 35% и составил 2500. Тем не менее, это все же почти в четыре раза выше, чем показатель декабря 2008 года, ставший минимальным за последние 22 года. Тогда ставки снизились ниже уровня безубыточности [1].

Специалисты отмечают, что в настоящее время фрахтовый рынок отражает реальную ситуацию в мировой экономике. По их мнению, в последнее время все более заметен разрыв между «бумажным» и реальным физическим рынком, также как и то, что основной причиной этого является деятельность хедж-фондов и различные спекуляции.

В первой половине 2009 года БФИ стремительно рос благодаря спросу со стороны Китая на железную руду и уголь – основное сырье для сталелитейной промышленности. Так, в июле страна импортировала около 55% объема мировой торговли железной рудой и около 10% – углем. Огромные очереди на рейдах основных портов погрузки/выгрузки осложняли поставки и привели к повышению фрахтовых ставок, однако такая ситуация вряд ли могла долго продолжаться [2]. Фактически большие скопления на рейдах портов погрузки и выгрузки продолжали образовываться. Причем возможности портовых терминалов погрузки (3-6-10 тысяч тонн в час) сдерживались техническими возможностями даже новых судов так же быстро откатывать балласт и принимать груз.

Автору пришлось задержаться на якоре в Южно-Африканском порту Ричардс-Бей на четырнадцать суток из-за большой очереди в порту погрузки. Угольный терминал работал бесперебойно. Весенний для тех мест октябрь не беспокоил плохими погодными условиями. Тем не менее, большое скопление судов на рейде обеспечило двухнедельный простой. За две недели ожидания пришлось наблюдать случаи, когда из-за проблем с откаткой балласта три почтенного возраста судна типа «кейпсайз» были в разгар погрузки выведены на рейд для завершения балластных операций, а одно судно таких же размеров для повторной мойки трюмов после перевозки клинкера. Терминал не мог позволить себе простой в ожидании, когда ошвартованное судно исправит систему и откатает балласт. Используя ситуацию скопления судов на рейде, когда предложение флота явно превышало его спрос, – терминал старался отгрузить больше угля. Здесь ощущалась диспропорция в производительности терминала и возможностях судов принимать груз.

Необычное скопление судов на рейдах портов стран экспортеров природных минеральных грузов подтверждает сужение рынка балкерных услуг флота и концентрацию судов в отдельных портах. В конце декабря 2009 автор стоял в очереди на погрузку в австралийском порту Гладстон, где скопилось на тот момент до полусотни судов, ожидающих груза.

Основная масса судов грузилась углем на порты Китая и Индии, и, только изредка, приходилось слышать в рапортах судов порт назначения Роттердам – крупнейший в Европе угольный порт. Падение уровня обработки угольных грузов в этом порту приведено ниже.

Экономический подъем в странах востока во многом поддерживает балкерный тоннаж работой. Экспорт руды практически из всех портов восточного и западного побережья Индии, кстати, в основном на порты Китая, и импорт угля удерживают Индию в ряду стран, успешно развивающихся в условиях мирового кризиса.

По словам аналитика инвестиционного банка «Barclays Capital», китайский спрос на железную руду сейчас самый мощный в мире, однако рекордные уровни импорта этого года пока еще не были поглощены соответствующим уровнем потребления [2].

Специалист инвестиционного банка «Citigroup», в свою очередь, считает, что сейчас рынок уже начал снижение цен, так как Китай, скорее всего, сократит объем своих «огромных закупок железной руды». По его мнению, ставки для судов «кейпсайз» будут продолжать уменьшаться. На четвертый квартал 2009 года он прогнозировал ставки в районе \$37 тыс. в сутки, а на 2010 год – около \$29 тыс. Перспективы 2010 года для сухогрузов выглядят вполне оптимистично, при условии, что сбудутся прогнозы по стабильному росту экономики КНР, а поставки нового балкерного тоннажа не обрушат рынок.

В первом квартале текущего года Китай наращивал импорт угля и руды, что обеспечило стабильный уровень или даже подъем фрахтового рынка.

Спрос на железную руду в основных европейских портах все еще низок из-за экономического спада. К примеру, в Роттердаме, крупнейшем

европейском порту, перевалка железной руды во втором квартале 2009 года снизилась на 76% по сравнению с аналогичным периодом 2008 года. Грузооборот железной руды порта Антверпен, второго по размеру в Европе, снизился на 97% во втором квартале 2009 года, по сравнению с апрелем-июнем предыдущего года.

В соответствии с этим объем мирового производства стали снизился в первом полугодии 2009 года на 21% по сравнению с аналогичным периодом 2008 года. При этом за 49% его объема ответственен Китай. Без учета роста этой страны падение составило бы 35%. При этом в июне 2009 года были отмечены самые высокие объемы производства – на уровне осени 2008 года. В основном же за первые шесть месяцев 2009 года все основные регионы показали спад объемов производства стали по сравнению с аналогичным периодом 2008 года. Евросоюз (27 стран) сократил их на 43%; Европа (не входящие в ЕС страны) – на 21%; СНГ – на 32%; страны НАФТА (Североамериканского соглашения о свободной торговле) – 49%, Южная Америка – на 35%, Африка – на 22%, Средний Восток – без изменений, Океания – на 48%. Объем производства стали основных азиатских стран без учета Китая упал на 27%, с ним – на 8% [2].

Падение производства стали характеризует общее состояние мировой экономики. Примером этому может служить, например, тот факт, что в течение февраля 2009 года судостроительные верфи Японии получили всего пять новых экспортных заказов на суда суммарным тоннажем 293,3 тыс. брутто регистровых тонн. Это наименьший месячный показатель за последние 10 лет. В то же время, примечательно, что среди этих пяти заказов два контракта были заключены на строительство «хендимаксов» и один – на балкер «хендисайз».

Согласно данным Clarkson Research Services, в 2009 г., по сравнению с 2008 г., количество заказанных балкеров снизилось в 6,5 раз, контейнеровозов – в 30 раз, универсальных сухогрузов – в 15 раз, судов Ро-Ро – в 44 раза, а суда-рефрижераторы вообще не заказывались. И это при том, что контрактные цены на балкера, по данным того же источника, по сравнению с 2008 г., снизились на 23-36%, а на контейнеровозы – на 24-40%. В основе этого снижения, как отмечают аналитики, уменьшившиеся на 30-40% цены на комплектующее оборудование, а также снижение стоимости судостроительной стали.

В сезон юго-западного муссона 2009 года (май-сентябрь) в районе Нового Мангалура и Гоа (Западная Индия) имели место несколько аварийных случаев, когда влажность погруженной на суда железной руды превышала TML (Transportable Moisture Limit). В течение суток после отхода суда получили крен более 20 градусов и вынуждены были вернуться в порт погрузки. Из-за смещения груза две катастрофы избежать не удалось [4].

Результаты исследований. В мире морского бизнеса на сегодняшний день сложились определенные отношения: права оперативного управления флотом находятся в руках крупных компаний – операторов, которые закрепили за собой на условиях продолжительного тайм-чартера права диспозитивных судовладельцев. В связи с падением, в общем, фрахтовых

ставок, на рынке балкеров получила распространение практика фрахтования судна на условиях тайм-чартер на рейс. Это означает передачу дисponentным судовладельцем судна в аренду на время субфрахтователю (subcharterer). Особенностью его является то, что он заключается на один рейс, в котором предполагается перевозка груза между двумя или более портами [3].

Конечно, тайм-чартер более удобен судовладельцам, которые отфрахтовали судно на время по более-менее подходящей ставке (в условиях кризисных явлений), могут не беспокоиться за потерю дохода из-за простоя судна в ожидании причала погрузки или выгрузки. Продолжительность договора рассчитывается предварительно таким образом: от даты лейдейс/канцеллинг (дата предоставления судна в распоряжение фрахтователя); время перехода в порт погрузки; время ожидания причала; время погрузки; время перехода судна в грузе состоянии; время ожидания причала; время выгрузки.

Чтобы избежать простоев и ускорить грузовые работы, субфрахтователи, как правило, назначают своих агентов в портах погрузки/выгрузки, которым они доверяют и с которыми установлены тесные деловые и доверительные контакты. Агенты регистрируют приход судна, фиксируют очередь, нанимают стивидоров, часто организуют и контролируют грузовые операции, стимулируют выгрузку судна без задержек, а в сложных ситуациях стараются перебросить ответственность за любого рода задержки/проблемы на судовладельцев/судно и таким образом добиться выхода судна из временного чартера (off hire).

В процессе грузовых операций Судовые Агенты содействуют субфрахтователям в организации бункеровки, а судовладельцам – в организации снабжения, текущего или промежуточного ремонта судна, предъявления Классу и т.д. Цель – совместить вспомогательные операции с грузовыми, до минимума сокращая стояночное время.

Судовые Агенты, как представители субфрахтователя, выполняют также функцию контролирующего органа за всеми действиями судового экипажа в портах погрузки/выгрузки, а результаты этого наблюдения немедленно сообщают фрахтователю, особенно в случаях какой-либо задержки в обработке судна. Причем, стараясь оправдать доверие своих принципалов, Агенты нередко допускают непорядочные действия, ловко перекидывая ответственность даже за незначительные промахи в работе или потери времени даже по своей вине на судно, информируя об этом фрахтователей всех уровней и судовладельцев, зачастую перекручивая факты и события. Субфрахтователи немедленно объявляют судно выведенным из чартера (off hire), что влечет за собой неприятную необходимость судна оправдываться и перед судовладельцами, и перед фрахтователями. А у судовладельцев складывается негативное мнение об экипаже.

В таких условиях важно, чтобы экипажи судов контролировали действия портовых властей, все шаги стивидоров, обеспечивали безукоризненную работу судовых систем и устройств, протестовали против любых задержек в грузовых операциях, и обо всех отклонениях от

нормальной работы немедленно информировали всех участников перевозочного процесса: фрахтователей, судовладельцев и Клуб. В этих условиях невозможно переоценить заявление морского протеста. Судовладельцы имеют право и должны первыми узнавать от судовой администрации о любых претензиях в адрес их судна с тем, чтобы своевременно организовать достойную защиту своих интересов.

В условиях высокой конкуренции среди судовладельцев фрахтователи ревностно следят за выполнением судном чартерной скорости. Они нанимают независимые компании, занятые метеорологическим обеспечением судов на океанских маршрутах (ocean weather routes), для сопровождения судов на переходах между портами погрузки и выгрузки. Эти компании не только обеспечивают суда гидрометеорологическими рекомендациями по маршруту следования, но и контролируют скорость судна и расход топлива, стоимость которого, как правило, обходится за счет субфрахтователей.

Старание судовых экипажей угодить фрахтователям (агентам), бесконтрольное отношение к качеству груза и работе стивидоров, разрешение грузить рудные грузы с высоким процентом влажности, без выравнивания поверхности (штивки), несоблюдение технологии перевозки и другие промахи привели в 2009 году к двум катастрофам в районе Западного побережья Индии [4].

Прогноз развития фрахтового рынка 2009 года оказался для балкерного рынка не таким уж и плохим, как этого можно было ожидать по итогам первого квартала. Начиная уже со второго квартала, балкерный рынок показывал уверенный рост и весьма неплохие финансовые показатели.

Поставки нового балкерного тоннажа оказались меньше ожидаемого, и не смогли подорвать баланс спроса и предложения. Всего в 2009 году в строй вошли порядка 500 новых балкеров суммарным дедвейтом немногим более 40 млн. т, что составляет около 10% действующего балкерного флота. Вопреки пессимистичным прогнозам мировая морская торговля в 2009 году снизилась всего на 1,4%. Правда, без учета Китая это падение составило бы уже 3,5%, т.е. было бы достаточно ощутимым.

Основными рисками 2010 года остается ожидаемое резкое увеличение поставок нового балкерного тоннажа, что приведет к избытку флота и большой волатильности фрахтовых ставок. Чтобы хоть как-то себя обезопасить, многие операторы стараются получить стабильную загрузку своему флоту путем заключения долгосрочных контрактов на обслуживание (COA), продолжительных (более года) тайм-чартеров и фьючерсных сделок (FFA).

Впрочем, если даже весь запланированный к поставке в 2010 году балкерный тоннаж войдет в строй, избыток тоннажа будет достаточно неравномерен по типоразмерам балкеров. Больше всего этой проблемы стоит опасаться владельцам балкеров «кейпсайз» (дедвейтом свыше 100 тыс. т) и «суперхендимакс» (дедвейтом 52-56 тыс. т), в то время как балкеров «хендисайз» (дедвейтом 20-39 тыс. т) было заказано не так уж и много.

Объемы перевозок железорудного сырья, которые делают погоду на фрахтовом рынке балкерного тоннажа, из портов стран СНГ и Балтии в

апреле-мае 2010 г. имели четко выраженную тенденцию к снижению. Это напрямую связано со снижением спроса на металлы на мировом рынке. В свою очередь этому способствовало падение цен на сталь в Китае с середины апреля, связанное с принятием правительством КНР мер по сдерживанию рынка недвижимости. И, поскольку, лето традиционно характеризуется низким спросом на металл, то ждать роста как цен, так и объемов перевозок можно не ранее, чем осенью. Кроме того, дальнейший спрос на перевозки железной руды ограничивают и накопившиеся в портах Китая достаточно большие складские запасы.

Выводы. По мнению специалистов, пройдет еще много времени, прежде чем начнется настоящее восстановление рынка. Ситуация заставляет судовладельцев, зафиксировавших свой тоннаж, организовать эксплуатацию и обслуживание судна так, чтобы избежать даже незначительных простоев, задержек или потерь времени, а также всякого рода претензий в адрес судна. Судовладельцы вынуждены держать свой имидж на достаточном уровне с тем, чтобы устоять в условиях конкуренции. Решающее значение в этом принадлежит судовым экипажам, потому что именно четкая работа экипажей должна обеспечивать:

- соблюдение требований морских конвенций по безопасности мореплавания, МАРПОЛ, о грузовой марке и др., а также хорошей морской практики;
- надежную работу силовой установки, вспомогательных механизмов и всего судового оборудования, своевременные освидетельствования Классом и пролонгирование судовых документов;
- быструю и качественную подготовку трюмов к погрузке/выгрузке;
- откатку балласта со скоростью, соответствующей паспортной производительности балластных насосов;
- грамотный расчет карго-плана и последовательности погрузки/выгрузки;
- постоянный процесс контроля погрузки/выгрузки, дебалластировки и приема балласта;
- безукоризненную работу грузового устройства, особенно в портах выгрузки;
- грамотное окончание погрузки судна и откатки балласта с выходом на расчетные осадки и дифферент;
- минимизацию судовых запасов на предстоящий рейс с целью увеличения чистой грузоподъемности;
- недопущение перегруза судна;
- четкое соблюдение регламента порта погрузки/выгрузки в отношении соблюдения предельно допустимых осадок у причала, на акватории и в подходных каналах;
- контроль качества, влажности груза при погрузке, его пригодности к перевозке, четкое выполнение инструкций грузоотправителя и судовладельца в части выполнения транспортных и коммерческих условий перевозки и сохранности груза;

- выполнение технологии перевозки грузов, режима вентиляции, условий погрузки/выгрузки и т.д.;
- выполнение безопасного плавания, особенно в районах с высокой интенсивностью судоходства: Южно-Китайское, Восточно-Китайское, Желтое моря, а также Малаккский и Сингапурский проливы;
- фиксацию всех событий на борту судна и регистрацию их в судовом журнале, а также во всех имеющихся журналах по принадлежности.

Проанализировав весь перечень выводов, легко видеть, что все они успешно решаются тем самым «человеческим фактором», первичное, фундаментальное образование и воспитание которого находится в морских учебных заведениях, в руках преподавателей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.novosti.err.ee/index.php> 28.08.2009 – Балтийский фрахтовый индекс.
2. <http://www.lloydlistbulletin@lloydlist.com>, daily Bulletin.
3. Рылов С.И., Коскина Ю.А. Основы фрахтования судна: конспект лекций. – Одесса: ОНМУ, 2006. – 69 с.
4. UK P&I LP Bulletin. Addendum to Bulletin 546, Friday 17 July 2009, 1 pg.
5. IFW-Your Freight and Logistics News Service, daily Bulletin.

Нестеренко В.Б. РОБОТА БАЛКЕРНОГО ТОННАЖУ В УМОВАХ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ КРИЗИ

Стаття стосується роботи балкерного тоннажу в умовах світової економічної кризи. Проаналізовано та порівняно умови роботи балкерного тоннажу в період, сприятливий торговому мореплавству, і під час світового економічного спаду. Детально описується досвід роботи автора у даних умовах. Визначено додаткові вимоги до судновласників і до якості роботи судових екіпажів в умовах світової економічної кризи. Стаття представляє особливий інтерес для фахівців морського флоту.

Ключові слова: балкерний тоннаж, ставка фрахту, фрахтовий ринок, тайм-чартер.

Nesterenko V.B. WORK OF BULK CARRIER TONNAGE IN THE CONDITIONS OF WORLD ECONOMIC CRISIS

The article deals with a work of bulk carrier tonnage in the conditions of world economic crisis. The conditions of work of bulk carrier tonnage in a period, playing in the favour of a trade seagoing, and during the world cutback of economic activity are analyzed and compared. It is spoken in detail about experience author in these conditions. Additional requirements to the shipowners and to quality of work of ship crews in the conditions of world economic crisis are determined. The article presents particular interest for the specialists of marine fleet.

Keywords: bulk carrier tonnage, rate of freight, chartered market, time-charter.

УДК 629.5.01

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ ДЛЯ СУДОВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ РЕЙСОВ

Панкова О.В.,

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев

Разработан алгоритм определения эксплуатационных расходов и прибыли, получаемой от эксплуатации судов в режиме последовательных рейсов. Также определено время жизненного периода судна.

Ключевые слова: эксплуатационные расходы, прибыль, судно последовательных рейсов, ходовое время, стояночное время.

Постановка проблемы. В условия рыночных отношений главной задачей транспорта является своевременное и полное удовлетворение потребностей предприятий и населения в перевозках и в получении на этой основе прибыли.

Суда линейного плавания работают на определенных направлениях в течение длительного периода. Использование линейной формы судоходства целесообразно на устойчивых грузопотоках большого размера. На линии с работой судов последовательными рейсами их движение определяется графиком, зависящим от подачи грузов.

По грузопотоку линии бывают специализированные (перевозка определенных грузов, например: руды, зерна) и комбинированные (рудозерновые и др.).

Более прогрессивной является форма организации движения, при которой упрощается планирование работы флота, более рационально используются суда, сокращаются балластные пробеги и время обработки судов в портах, повышаются быстрота и ритмичность перевозок, что в итоге повышает провозоспособность флота, снижает эксплуатационные расходы и увеличивает прибыль.

Цель статьи – разработать алгоритм определения эксплуатационных расходов, а также прибыли, получаемых при эксплуатации судов в режиме последовательных рейсов.

Изложение основного материала. Анализ условий организации работы флота в различных формах судоходства в Украине позволяет сделать вывод о наличии устойчивой грузовой базы для перевозок последовательными рейсами, поскольку для Украинских портов в целом была и остается приоритетной переработка массовых грузов [1].

Основу грузопотоков массовых грузов в Украине составляют металлы, такие навалочные грузы, как химические, минеральные удобрения, руда, уголь, стройматериалы, зерно, а также оборудование, конструкции, кофе-сырец, чай, каучук, джут и прочие.

За последние 20 лет перевозки морем насыпных и навалочных грузов характеризуются тенденцией устойчивого роста. С 1988 по 2008 г. ежегодный рост их морских перевозок составлял около 5 %.

Три крупнейшие категории навалочных грузов – это железная руда, уголь, зерно. Объемы их перевозок увеличились с 1988 по 2008 г. с 848 до 2032 млн.т. [2].

Особенно быстрым темпом росли перевозки этих грузов в последние четыре года, когда среднегодовой рост объема перевозок составлял 8,3%.

Одним из крупнейших по объему предъявляемых к транспортировке видов грузов является железная руда. Объем ее добычи тесно связан с объемом производства стали. Мировое производство стали, резко возросшее в конце 80-х гг., вызвало рекордное увеличение объемов морских перевозок железной руды, достигших в 1989 году 362 млн.т. [3].

В начале 90-х гг. последовало некоторое снижение объема перевозок руды, а затем дальнейший рост. В 2000 г. перевозки руды составили 450 млн.т., а в 2008 г. – 858 млн.т.

Морские перевозки угля значительно увеличились в последние годы, поскольку он является более дешевым источником энергии по сравнению с другими энергоносителями, например нефтью. Объем морских перевозок угля, составивший в 2000 г. 520 млн.т., в последнее время довольно интенсивно возрастал с ежегодным средним приростом около 6%, достигнув в 2008 г. 830 млн.т. [4].

Объемы перевозок зерна – пшеницы, кукурузы, ячменя, овса, ржи, соевых бобов и сорго – в значительной степени зависят от урожая и экономической ситуации в странах-импортерах и подвержены сильным колебаниям. Наиболее низкий объем перевозок за последние 20 лет был отмечен в 1994 г. – 184 млн.т., а наиболее высокий в 2008 г. – 344 млн.т. [5].

Страны Дальнего Востока, особенно Япония и страны бассейна Индийского океана, в последние годы значительно увеличили импорт зерна. Это обусловлено не только недостатком продовольствия в этих странах, но и ростом популярности здесь западного стиля питания.

Прогнозируется, что большие расстояния перевозок зерна сохранятся и в будущем в основном за счет экспорта в страны Дальнего Востока.

В результате значительного роста мировых перевозок морем бокситов и глинозема (сырье для производства алюминия) их объемы в 2008 г. достигли 82 млн.т. Основная доля производства алюминия из руды приходится на Канаду и Бразилию [6].

В Европе производство алюминия почти полностью основано на утилизации использованного металла и не ориентируется на привозное сырье.

Повышение цен на такое сырье для производства удобрений, а также мыла, как фосфорит, привело к снижению объемов его морских перевозок. Частично экспорт фосфорита был вытеснен экспортом фосфорной кислоты, используемой для тех же целей.

Кроме того, промышленность, производящая удобрения, испытывает давление со стороны защитников окружающей среды, которые борются за ограничение применения фосфатных удобрений.

Ожидается, что объемы морских перевозок фосфорита останутся на достигнутом в последние годы уровне в 29-30 млн.т.

Объем перевозок прочих навалочных грузов (более мелких в количественном отношении), включающих сахар, лес, руды цветных металлов, металлопрокат и т. п., составил в 2007 г. около 340 млн.т. Средний рост объема перевозок этих грузов в последние годы был порядка 3,5%.

Объемы перевозок морем насыпных и навалочных грузов составляют около 30% от общего объема морских перевозок различных грузов.

В течение последнего десятилетия перевозки этих видов грузов увеличивались ежегодно в среднем на 5,7%.

В 2006 г. морским транспортом было перевезено 2,8 млрд.т. различных навалочных грузов. В 2008 г. перевозки увеличились более чем на 5% и составили около 3,0 млрд.т. грузов.

В перспективе темпы роста морских перевозок насыпных и навалочных грузов, по-видимому, будут составлять не менее 3% в год.

Основными навалочными грузами являются сырье для производства металла – железная руда и коксующийся (металлургический) уголь. При этом главными импортерами данного сырья являются страны Азии (51% от всего мирового потока) и Европы, а экспортируют Южная Америка и Австралия.

В перспективе объем перевозок в направлении стран Азии к 2015 г. достигнет уже 57% от мирового рынка данных грузов. Перевозки железной руды за последние пять лет росли ежегодно в среднем на 9,5%, а угля – на 6%.

Приведенные ниже формулы являются основой алгоритма определения эксплуатационных расходов и нахождения прибыли от эксплуатации судов последовательных рейсов с помощью методов стохастического программирования.

Основным фактором, определяющим конкурентоспособность судна или иного морского объекта, является экономическая эффективность его эксплуатации в продуктивный период.

Показателем эффективности коммерческого судна в условиях конкурентной среды является прибыль, которая получается при эксплуатации судна [7]:

$$\Pi = D - \text{ЭР},$$

где D – доход за эксплуатационный период; ЭР – эксплуатационные расходы.

Для преобразования исходных данных задачи определения прибыли, которые являются случайными величинами, в законы распределения характеристик эксплуатации судна, используется метод Монте-Карло.

Затраты на перевозку груза складываются из амортизационных отчислений и расходов на ремонт, зависящих от стоимости судна, расходов на содержание экипажа, на топливо и прочих расходов (навигационных, судовых сборов, административно-управленческих и т. д.).

Величина навигационных расходов, судовых сборов, административно-управленческих расходов, как правило, невелика по сравнению с другими расходами.

При эксплуатации судов в режиме последовательных рейсов применяется два вида договоров между судовладельцем и фрахтователем, а именно: бербоут-чартер и тайм-чартер.

По договору фрахтования судна без экипажа, именуемого бербоут-чартером, судовладелец обязуется за обусловленную плату, именуемую фрахтом, предоставить фрахтователю в пользование и владение на определенный срок не укомплектованное экипажем и не снаряженное для перевозок грузов судно, причем последнее может предназначаться также для перевозки пассажиров или иных целей торгового мореплавания.

По договору тайм-чартера судовладелец обязуется за обусловленную плату предоставить фрахтователю судно и услуги членов экипажа судна в пользование на определенный срок для перевозок грузов, пассажиров или для иных целей торгового мореплавания. Таким образом, судовладелец принимает на себя все расходы по содержанию экипажа и оплачивает прочие постоянные издержки по совместному предприятию: страховую премию по страхованию casco, проценты по закладной, амортизационные издержки и т.п.

Фрахтователь, приобретая право распоряжаться судном по своему усмотрению на условиях, определенных в чартере, принимает на себя переменные издержки по совместному предприятию: стоимость топлива, смазки, воды, навигационные расходы и т.д.

Таким образом, эксплуатационные расходы за сутки

$$\text{ЭР}_{\text{сут}} = mC + cp + qNb,$$

где m – отчисления от строительной стоимости судна на амортизацию и ремонт, % (при тайм-чартерном договоре выплачивает судовладелец, а при бербоут-чартерном договоре – фрахтователь); C – строительная стоимость судна; c – расходы на содержание одного члена экипажа в сутки (при тайм-чартерном договоре выплачивает судовладелец, а при бербоут-чартерном договоре – фрахтователь); p – число членов экипажа; q – удельный суточный расход топлива, т/кВт·сут; N – мощность энергетической установки, кВт; b – стоимость 1 т топлива с учетом бункеровки (выплачивает фрахтователь).

Эксплуатационные расходы за месяц эксплуатации:

$$\text{ЭР}_{\text{мес}} = mC + 31cp + qNb(31 - t_{\text{рем}}),$$

где $t_{\text{рем}}$ – время ремонта на протяжении месяца.

Эксплуатационные расходы за год эксплуатации:

$$\text{ЭР}_{\text{год}} = mC + 365cp + qNb(365 - t_{\text{рем}}),$$

где $t_{\text{рем}}$ – время ремонта за год.

Эксплуатационные расходы за жизненный период судна:

$$\text{ЭР}_{\text{жц}} = mC + cpt_{\text{жц}} + qNb(t_{\text{жц}} - t_{\text{рем}}),$$

где $t_{\text{жц}}$ – время жизненного периода судна, обычно принимается равным 25 лет; $t_{\text{рем}}$ – время, отведенное на ремонты, за жизненный период.

Или по другой формуле, эксплуатационные расходы за продуктивный период судна:

$$\text{ЭР} = 0,07(C + D) + C_{\text{топл}},$$

где C – строительная стоимость судна; D – доход за продуктивный период; $C_{\text{топл}}$ – затраты на топливо за продуктивный период. В данной формуле коэффициент 0,07 учитывает отчисления на реновацию, на капитальный ремонт, на текущий ремонт, на снабжение, на содержание экипажа, на навигационные расходы, на судовые и канальные сборы, на косвенные расходы и инвалютные затраты.

Доход от эксплуатации судна рассчитывается по формуле [3]:

$$D = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^c f_{ij} Q_{ij},$$

где f_{ij} – фрахтовая ставка за перевозку i -ого груза на j -м направлении;

Q_{ij} – количество i -ого груза, перевезенного судном на j -м направлении.

При эксплуатации скорость судна редко достигает значений технической, так как реальные условия использования судна отличаются от тех стандартных условий, при которых устанавливается техническая скорость. Поэтому используется эксплуатационная скорость, учитывающая потери от ветра и волнения, а также от обрастания подводной части корпуса судна морскими организмами.

На основе решения задач эксплуатации судна в заданном районе плавания определяется коэффициент реализации технической скорости судна k .

Обработка существующих статистических данных приводит к следующим приближенным значениям этого коэффициента [2, 7]:

$k = 0,99$ – для первого района плавания;

$k = 0,82$ – для второго района плавания;

$k = 0,80$ – для третьего и четвертого районов плавания;

$k = 0,70$ – для пятого района плавания.

Тогда случайная величина валовой эксплуатационной скорости судна:

$$\bar{v}_э = kv_T;$$

$$v_э = v_T - \Delta v,$$

где v_T – техническая скорость судна; Δv – среднее значение падения скорости хода судна, обусловленное действием ветра и волнения.

Время жизненного периода судна состоит из суммы следующих случайных величин:

$$t_{жц} = \sum_{m=1}^M t_{x_m} + \sum_{m=1}^M t_{c_m} + \sum_{l=1}^L t_{a_l} + \sum_{s=1}^S t_{отс} + \sum_{i=1}^I t_{p_i},$$

где t_{x_m} – ходовое время за рейс; t_{c_m} – стояночное время за рейс; t_{a_l} – время, потраченное на устранение аварий; $t_{отс}$ – время простоя судна вследствие отсутствия заказов или из-за метеоусловий; t_{p_i} – продолжительность ремонтов; M – количество рейсов за жизненный период судна; L – число аварий, которые не сопровождаются гибелью судна, характерное для заданного района плавания; S – количество простоев в портах вследствие отсутствия заказов или из-за неблагоприятных погодных условий; I – количество ремонтов за жизненный период судна.

Число и виды аварий определяются на основе решения соответствующих задач функционирования судна. Для заданного района плавания они могут быть найдены по данным аварийной статистики.

Случайная величина количества рейсов за жизненный период судна n определяется в виде:

$$n = \frac{t_{жц}}{t_{x_m}}.$$

Случайная величина ходового времени за рейс, сут.:

$$t_{Xm} = \frac{L}{24v_3},$$

где L – случайная величина протяженности рейсов, мили.

Случайная величина стояночного времени за рейс, сут.:

$$t_{Cm} = \sum_{j=1}^n \left(\frac{Q_{Пj}}{M_{Пj}} + \frac{Q_{Вj}}{M_{Вj}} \right),$$

где $Q_{Пj}$ – количество погружаемого за рейс j -ого вида груза одним судном, т; $Q_{Вj}$ – количество выгружаемого за рейс j -ого вида груза одним судном, т; $M_{Пj}$ – норма погрузки j -ого вида груза, т/сут.; $M_{Вj}$ – норма выгрузки j -ого вида груза, т/сут.; $j = 1..n$ – количество видов груза.

Нормы погрузки и выгрузки определяются детерминированными или случайными величинами.

Затраты на топливо за рейс одним судном:

$$C_{\text{топлт}} = 28,4bqNt_{Xm}.$$

Прибыль за сутки от эксплуатации судна рассчитывается по формуле [7]:

$$\Pi_{\text{сут}} = (D_{\text{сут}} - \text{ЭР}_{\text{сут}}) - C_{\text{авар}} - C_{\text{ТМ}} D_{\text{пор}},$$

где $D_{\text{сут}}$ – доход за сутки; $\text{ЭР}_{\text{сут}}$ – эксплуатационные расходы за сутки; $C_{\text{авар}}$ – стоимость аварий; $C_{\text{ТМ}}$ – стоимость 1 тонны металла; $D_{\text{пор}}$ – водоизмещение судна порожнем, т.

Прибыль за месяц рассчитывается по формуле:

$$\Pi_{\text{мес}} = 31(D_{\text{сут}} - \text{ЭР}_{\text{сут}}) - C_{\text{авар}} - C_{\text{ТМ}} D_{\text{пор}}.$$

Прибыль за год рассчитывается по формуле:

$$\Pi_{\text{год}} = 365(D_{\text{сут}} - \text{ЭР}_{\text{сут}}) - C_{\text{авар}} - C_{\text{ТМ}} D_{\text{пор}}.$$

Прибыль за жизненный период судна рассчитывается по формуле:

$$\Pi_{\text{ЖЦ}} = (D_{\text{сут}} - \text{ЭР}_{\text{сут}})t_{\text{ЖЦ}} - C_{\text{авар}} - C_{\text{ТМ}}D_{\text{пор}}.$$

Выводы. Разработанный алгоритм определения эксплуатационных расходов, а также прибыли, получаемой от эксплуатации судна в режиме последовательных рейсов, предназначен для использования при составлении его математических моделей функционирования с последующей оптимизацией главных элементов и характеристик судна на начальных стадиях проектирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винников В.В. Проблемы комплексного развития морского транспорта. – Одесса: Феникс, 2005. – 300 с.
2. Астахов В.Е., Горобец В.С. Технично-економические обоснования проектирования промысловых судов. – Л.: Судостроение, 1982. – 247 с.
3. Щербанин Ю.А. Международный обмен и транспорт. – СПб.: Лики России, 2003. – 64 с.
4. Котлубай М.И. Становление морского транспорта в рыночной среде. – Одесса: ИПРЭЭИ НАНУ, 2005. – 224 с.
5. Review of Maritime Transport 2007: UN New York and Geneva, 2007. – 86 p.
6. Alderton P.M. Sea Transport: operation and economics. – London: Thomas reed, 1986. – 226 p.
7. Войлошников М.В. Морские ресурсы и техника: эффективность, стоимость, оптимальность. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2002. – 586 с.

Панкова О.В. АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ ДЛЯ СУДЕН ПОСЛІДОВНИХ РЕЙСІВ

Розроблено алгоритм визначення експлуатаційних витрат та прибутку, отриманого від експлуатації суден у режимі послідовних рейсів. Також визначений час життєвого періоду судна.

Ключові слова: експлуатаційні витрати, прибуток, судно послідовних рейсів, ходовий час, час стоянки.

Pankova O.V. ALGORITHM OF OPERATING COSTS DETERMINATION FOR SHIPS OF CONSECUTIVE VOYAGES

The algorithm is developed for determination of operating costs and profit obtained from operation of ships in the mode of consecutive voyages. The ship's service life was determined as well.

Key words: operating costs, profit, ship consecutive voyages, running time, lay days.

ВПЛИВ РАДІАЛЬНОЇ НЕСПІВВІСНОСТІ НА ЕНЕРГОЄМНІСТЬ З'ЄДНУВАЛЬНИХ МУФТ З ОСЬОВОЮ УСТАНОВКОЮ ПРЯМИХ КАНАТІВ

*Проценко В.О., Бабій М.В., Кавун В.І., Клименко В.В.,
Херсонський державний морський інститут*

*За рахунок виконання експериментів досліджено вплив радіальних зміщень на енергоємність муфт з осьовою паралельною установкою прямих канатів. Побудовано та проаналізовано графіки залежностей енергоємності канатних муфт від величини та напрямку радіальних зміщень напівмуфт та напрямків закручування муфт. Дослідження виконувались при різних відстанях між напівмуфтами та різних напрямках їх зміщення та закручування.
Ключові слова: муфта, канат, зміщення, енергоємність.*

Вступ. У важких машинах, до яких відносяться й суднові, постійно виникають перевантаження різних типів, які можуть стати причиною поломок. Тому основним завданням систем захисту машин є недопущення появи вказаних поломок, які можуть стати причиною аварій, а у випадку суден – навіть катастроф. У теперішній час методи боротьби з поломками розвиваються за наступними напрямками [1]:

1. Зменшення кінетичної енергії рухомих частин приводів машин.
2. Збільшення потенціальної енергії пружної деформації ланок головної лінії приводу машини.
3. Роз'єднання кінематичного ланцюга головної лінії приводу машини при перевантаженні.

Для суднових машин перший напрямок реалізується за рахунок застосування безредукторного приводу та гвинтів регульованого кроку, другий напрямок – за рахунок застосування високопіддатливих пружно-демпфуючих муфт, наприклад типу «Вулкан» [2], які характеризуються низькою довговічністю в порівнянні з муфтами, оснащеними металевими пружними елементами. Пошук нових рішень та виконання нових досліджень у вказаних напрямках є актуальним і важливим завданням.

Аналіз стану проблеми. Постановка задачі. За рахунок виконання теоретичних досліджень, авторами [3, 4] встановлено, що існуючі конструкції пружно-компенсуючих муфт з металевими пружними елементами, у більшості, досягли глобального екстремуму параметрів. Тому закономірним є розвиток муфт, які реалізують новий принцип дії, наприклад перспективних муфт з канатними пружними елементами [5] та функціонально-орієнтованих технологій їх проектування і виробництва [6, 7].

Основною характеристикою муфт, яка визначає їх габарити та здатність запобіганню перевантажень, є енергоємність. У той же час, похибки виготовлення та складання елементів приводів призводять до появи розцентровок валів, поєднаних муфтами. Відомо також, що робота муфт в

умовах неспіввісності може стати причиною зміни їх характеристик [8-10], що може впливати на їх працездатність. Для канатних муфт дослідження впливу вказаних факторів поки не виконувались.

З огляду на вищевикладене в даній роботі була поставлена **мета** – дослідити вплив радіальної неспіввісності муфт з осью паралельною установкою прямих канатів на їх енергоємність.

Розв'язання поставленої задачі. Були виготовлені технологічні напівмуфти універсальної конструкції [5] з діаметром розташування канатів $D = 59$ мм (рис. 1), з яких склалися муфти з осью паралельною установкою канатів прямолинійної форми із застосуванням канатів ТК конструкції $6 \times 19 + \text{о.с.}$ (ГОСТ 3067). Діаметр кожного з чотирьох канатів $d_k = 5,2$ мм, діаметр дротів $\delta = 0,34$ мм. Канати закріплені в осьових отворах діаметром 6,8 мм фланців напівмуфт болтами М8, що встановлені в їх радіальні різьбові отвори. Дослідження виконували за рахунок навантаження муфти на спеціальному дослідному стенді обертальним моментом і замірів кута повороту однієї напівмуфти φ при жорстко закріпленій іншій напівмуфті. Стенд був обладнаний салазками зі шкалою та гвинтовим приводом для надання одній із напівмуфт радіальних зміщень Δ .

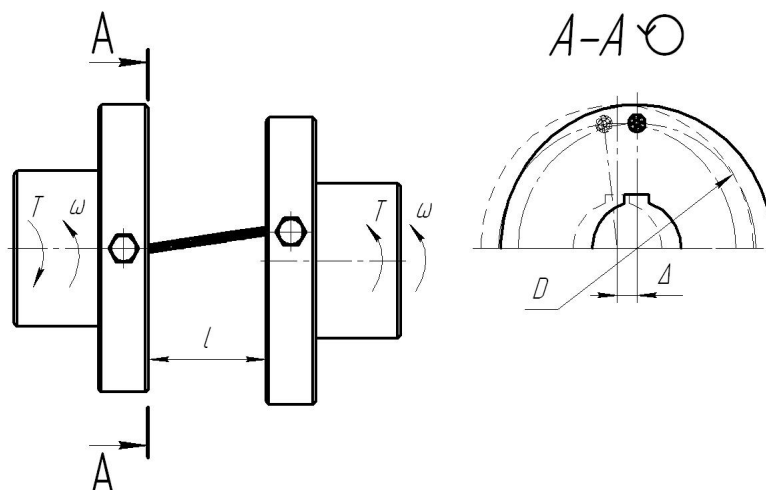


Рисунок 1 – Схема муфти з осью паралельною установкою канатів прямолинійної форми

Обертання муфти виконували в напрямку закручування (додатному) та розкручування (від'ємному) канатів при відстанях між напівмуфтами $l = 30$ і $l = 15$ мм та радіальних зміщеннях $\Delta = + 2, + 4, + 6, - 2, - 4, - 6$ мм. Додатними вважали зміщення, які викликають закручування, а від'ємними – розкручування канатів. На рисунку 2 показані ненавантажені муфти при зміщенні $\Delta = + 4$ мм (а) і $- 4$ мм (б).

За результатами замірів були побудовані графіки зміни кута закручування муфти φ в залежності від обертового моменту T , при відстані між напівмуфтами $l = 30$ мм (рис. 3) і $l = 15$ мм (рис. 4) при зміщеннях між напівмуфтами $\Delta = + 2$ та $- 2$ (а), $+ 4$ та $- 4$ (б), $+ 6$ та $- 6$ (в). Для порівняння на графіки нанесені криві, побудовані по замірах при нульовому зміщенні

напівмуфт. На вказаних рисунках криві побудовані суцільною лінією у випадку, коли напрямки закручування муфти і звивки сталок у канатах співпадають (додатний напрямок закручування), а штриховою лінією – коли ці напрямки протилежні.

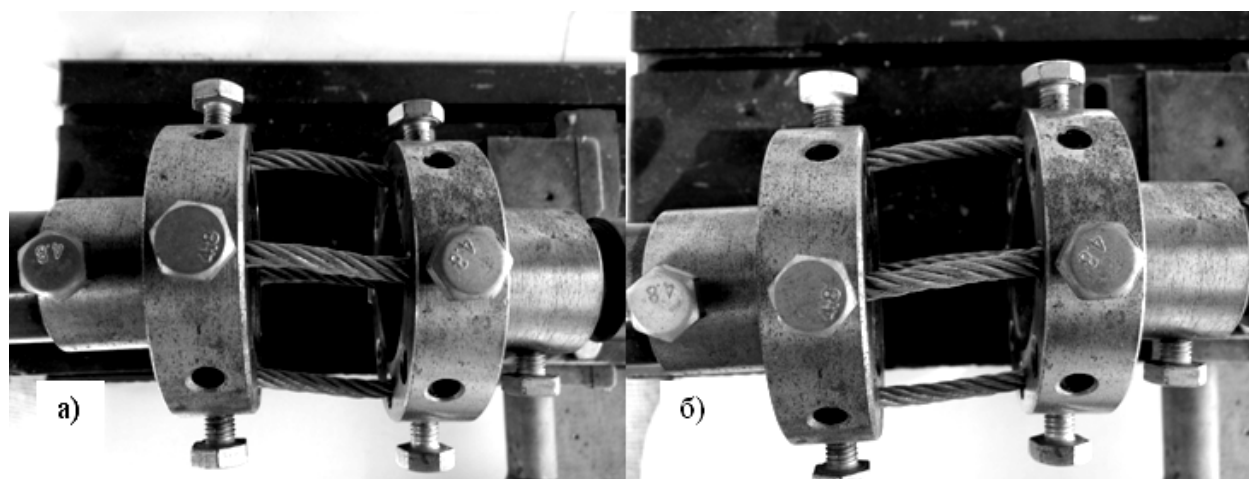


Рисунок 2 – Загальний вид досліджуваних муфт при зміщенні $\Delta = +4$ мм (а) та при зміщенні $\Delta = -4$ мм (б)

Для порівняння осьовою лінією нанесені графіки зміни кута повороту отримані з розрахунків жорсткості муфти, за аналогією з муфтою із пружними стрижнями [11], в припущенні, заснованому на дослідях проф. П.П. Нестерова, С.Т. Сергеева та ін., що жорсткість кожного каната рівна сумарній жорсткості ΣEI всіх його дротів [12].

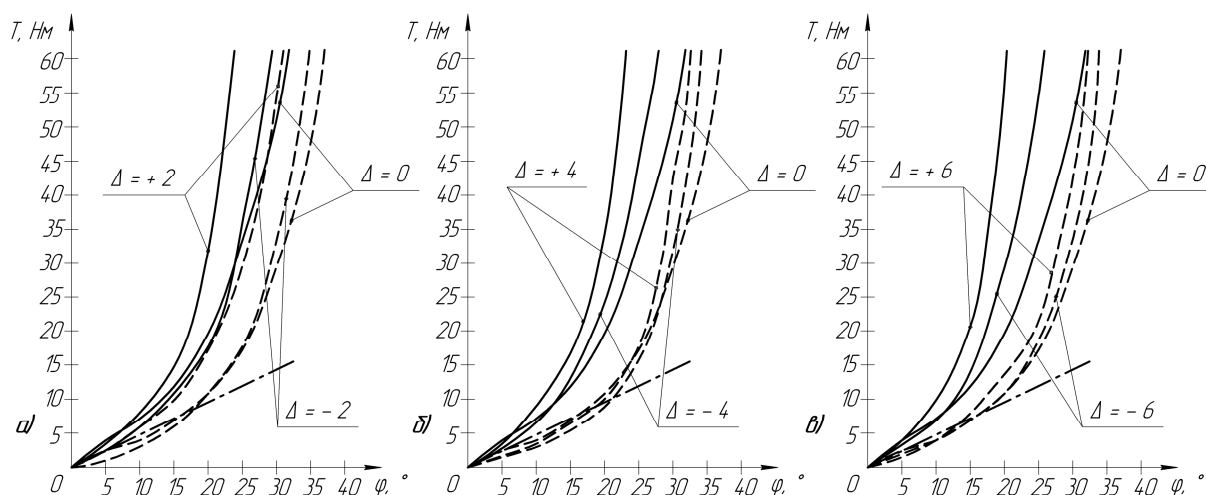


Рисунок 3 – Графіки зміни кута закручування муфти φ при відстані між напівмуфтами $l = 30$ мм від обертового моменту T при зміщенні $\Delta = 2$ мм (а), $\Delta = 4$ мм (б), $\Delta = 6$ мм (в)

Як відомо, енергоємність муфти – це максимальна кількість потенційної енергії, яку вона може акумулювати при максимальній деформації. Цей показник можна використовувати для якісного аналізу муфт [8, 11].

Енергоємність визначали за отриманими графіками зміни жорсткості муфт, користуючись формулою [8]:

$$A = \frac{Sxy}{57,3}, \text{ Нм/рад}, \quad (1)$$

де S – площа, що обмежена кривою навантаження, віссю абсцис та віссю ординат, мм^2 ; $x = 0,5$ град/мм (рис. 3) та $0,2$ град/мм (рис. 4) – масштаб по осі φ ; $y = 0,5$ Нм/мм – масштаб по осі T .

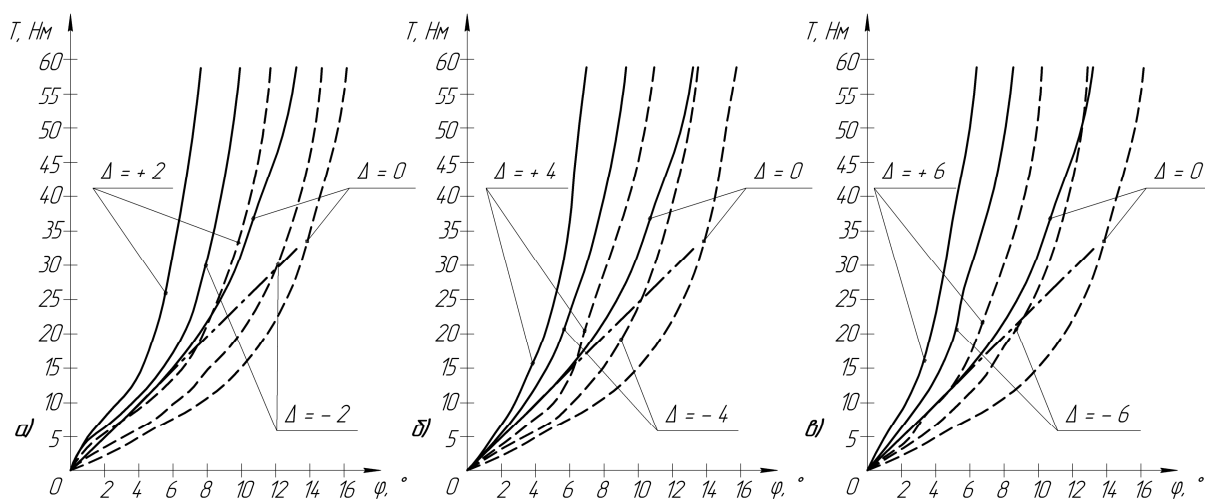


Рисунок 5 – Графіки зміни кута закручування муфти φ при відстані між напівмуфтами $l = 15$ мм від обертового моменту T при зміщенні $\Delta = 2$ мм (а), $\Delta = 4$ мм (б), $\Delta = 6$ мм (в)

Площі S визначали за рахунок вимірювання при побудові графіків у системі КОМПАС-3D і наближено перевіряли за рахунок апроксимації криволінійної фігури трикутником. За результатами розрахунків енергоємності на рисунку 6 побудовані графіки зміни енергоємності муфт від напрямку та величини радіального зміщення і напрямку обертання.

Висновки. При аналізі графіків зміни енергоємності можна встановити наступне:

- радіальні зміщення впливають на енергоємність муфт з осьовою паралельною установкою канатів прямолінійної форми;
- вплив зміщень на енергоємність нелінійний;
- більшою мірою зміщення впливають на енергоємність муфт при обертанні в напрямку закручування канатів;

- при обертанні муфти в напрямку закручування канатів енергоємність зменшується у всьому діапазоні додатних зміщень;

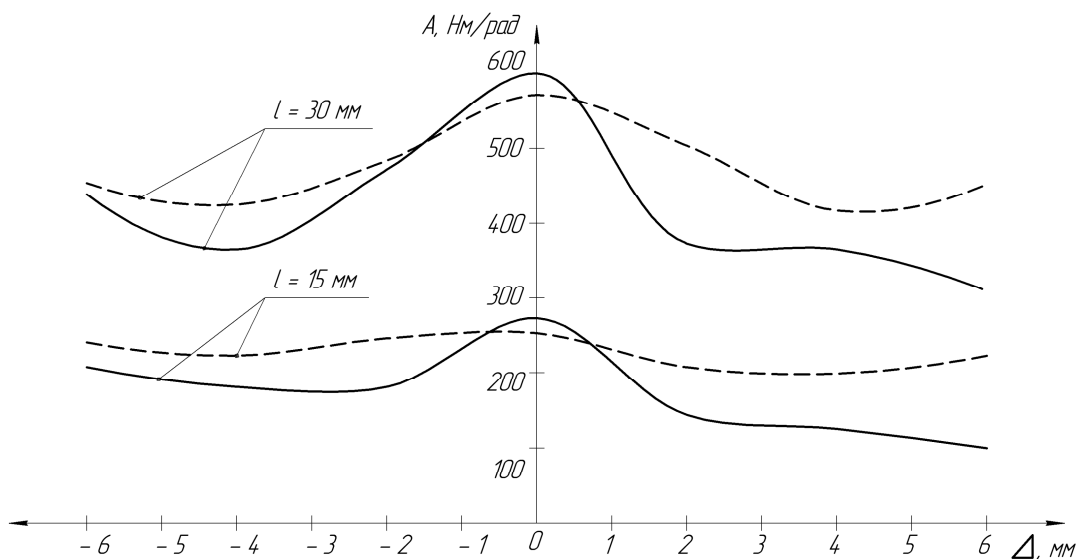


Рисунок 6 – Графіки зміни енергоємності муфт від напрямку та величини радіального зміщення і напрямку обертання

- при обертанні муфти в напрямку закручування канатів енергоємність знижується в діапазоні зміщень $0 \dots 4$ мм, а при подальшому збільшенні абсолютної величини зміщення енергоємність незначно зростає;

- при обертанні муфти в напрямку розкручування канатів енергоємність зменшується в діапазоні $0 \dots + 2$, і $0 \dots + 4$ мм, а при подальшому збільшенні абсолютної величини зміщення енергоємність незначно зростає;

- незначний ріст енергоємності при великих значеннях величини радіального зміщення можна пояснити появою трибокомпоненти жорсткості та депланацією поперечних перетинів канатів при їх великих кривинах.

Можна рекомендувати наступні **напрямки подальших досліджень** муфт з канатними пружними елементами:

- вплив умов експлуатації на енергоємність канатних муфт;
- динаміка машин з канатними муфтами в умовах наявності радіальних розцентровок;
- розробка нових конструкцій канатних муфт підвищеної енергоємності;
- експериментальні дослідження ефективності захисту від перевантажень приводів машин канатними муфтами;
- залежність енергоємності канатних муфт від конструкції канатів, застосованих у якості пружних елементів;
- керована зміна енергоємності канатних муфт та розробка систем захисту від перевантажень на її основі;

- вплив покриттів та прогресивних методів обробки канатів на енергоємність муфт;
- розробка систем автоматизованого проектування канатних муфт;
- розробка систем автоматизованого синтезу технологій виготовлення канатних муфт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артюх В.Г. Проблеми захисту важких машин від поломки / В.Г. Артюх // *Машинознавство*. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД. – 2003. – № 12 (78). – С. 24–28.
2. Агуреев А.Г., Баршай Ю.С. Крутильные колебания и надежность судовых валопроводов. – М.: Транспорт, 1982. – 112 с.
3. Проценко В.О. Прогнозування розвитку рухомих пружно-компенсуючих муфт з металевими пружними елементами / В.О. Проценко, В.О. Настасенко, М.Е. Тернюк // *Вісник Національного технічного університету «ХП»*. Тем вип.: Проблеми механічного приводу. – Харків: НТУ «ХП». – 2010. – Вип. 26. – С. 112–124.
4. Проценко В.О. Прогнозування розвитку рухомих пружно-компенсуючих муфт з канатними пружними елементами / В.О. Проценко, В.О. Настасенко, М.Е. Тернюк // *Вісник Національного технічного університету «ХП»*. Тем вип.: Проблеми механічного приводу. – Харків: НТУ «ХП». – 2010. – Вип. 27. – С. 153–158.
5. Проценко В.О. Технологічні конструкції муфт обладнання підприємств будівельних матеріалів / В.О. Проценко, К.В. Луняка, В.О. Настасенко, А.Ю. Веремеєнко // *Вісник Херсонського національного технічного університету*. – Херсон: ХНТУ. – 2010. – № 1(37). – С. 138–144.
6. Михайлов А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2009. – 346 с.
7. Михайлов А.Н., Настасенко В.А., Проценко В.А. Развитие принципов функционально-ориентированных технологий в проектировании технических систем: матеріали Республіканської науково-практичної конференції [«Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування (СЕУТТО–2010)»], (Херсон, 5–7 жовтня 2010 р.). – Херсон: Видавництво ХДМІ, 2010 – С. 66–69.
8. Поляков В.С. Исследование брусковой муфты в условиях статического нагружения / В.С. Поляков, Л.С. Лефтеров // *Труды Ленинградского ордена Ленина политехнического института имени М.И. Калинина*. – 1965. – № 254. – С. 19–27.
9. Клименко В.Ф. Исследование компенсирующей способности упругих муфт со звездочкой / В.Ф. Клименко // *Детали машин*. – 1979. – Вып. 28. – С. 44–47.
10. Иванченко Ф.К. О влиянии эксцентриситета между полумуфтами на характеристику упругой муфты / Ф.К. Иванченко, С.Л. Панов // *Детали машин*. – 1983. – Вып. 37. – С. 26–28.

11. Ряховский О.А. Справочник по муфтам / О.А. Ряховский, С.С. Иванов / Под ред. О.А. Ряховского. – Л.: Политехника, 1991. – 384 с.
12. Сергеев С.Т. Стальные канаты. – К.: Техніка, 1974. – 324 с.

Проценко В.А., Бабий М.В., Кавун В.И., Клименко В.В. ВЛИЯНИЕ РАДИАЛЬНОЙ НЕСООСНОСТИ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ МУФТ С ОСЕВОЙ УСТАНОВКОЙ ПРЯМЫХ КАНАТОВ

За счет выполнения экспериментов исследовано влияние радиальных смещений на энергоемкость муфт с осевой параллельной установкой прямых канатов. Построены и проанализированы графики зависимости энергоемкости канатных муфт от величины и направления радиальных смещений полумуфт и направления закручивания муфт. Исследования выполнялись при разных расстояниях между полумуфтами и разных направлениях их смещения и закручивания.

Ключевые слова: муфта, канат, смещение, энергоемкость.

Protsenko V.A., Babiy M.V., Kavun V.I., Klimenko V.V. INFLUENCE OF RADIAL MISALIGNMENT ON POWER CONSUMPTION OF CONNECTING MUFFS WITH AXIAL INSTALLATION OF DIRECT ROPES

At the expense of performance of experiments influence of radial eccentricity on power consumption muffs with axial parallel installation of direct ropes is investigated. Schedules of dependence of power consumption rope muffs from size and a direction of radial eccentricity halfmuffs and twisting directions muffs are constructed and analysed. Researches were carried out at different distances between halfmuffs and different directions of their eccentricity and a twisting.

Keywords: muff, rope, eccentricity, power consumption.

ПРОДУКТИВНОСТЬ СУФФИКСОВ *-ness* И *-ment* АБСТРАКТНЫХ ИМЕН СУЩЕСТВИТЕЛЬНЫХ В ВОКАБУЛЯРЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ МОРСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Рамаскевич А.И.,

Херсонский государственный морской институт

*Проведен сравнительный анализ частоты употребления и продуктивности суффиксов *-ness* и *-ment* абстрактных имен существительных в сочетании с романской и германской основами на материале специальной литературы морских специальностей.*

Ключевые слова: продуктивность суффиксов, частота употребления, словообразование, абстрактные имена существительные.

Введение. Вполне естественно, что все продуктивные суффиксы являются живыми, но не все живые суффиксы оказываются в равной мере продуктивными. Под продуктивностью мы понимаем то число слов, которое возникло за период существования в языке данного словообразующего суффикса, и частотность появления новообразований с данным суффиксом. Исходя из этого, суффиксы бывают малопродуктивными, продуктивными, а некоторые обладают так называемой «абсолютной продуктивностью», то есть такой способностью словопроизводства, при которой суффикс имеет минимальные ограничения в сфере своего применения в качестве словообразующего элемента.

Как известно, суффикс *-ness*, являясь исконным суффиксом отвлеченных имен существительных, до сих пор сохранил свою способность к словопроизводству и природе грамматической абстракции [1]. В процессе своего развития он приобрел широкую употребительность не только в художественной, но и в специальной технической литературе. В доступных нам источниках мы не нашли работ, посвященных изучению продуктивности указанных выше суффиксов в морской технической литературе. Поэтому нам представляется актуальным провести сравнительное изучение продуктивности, частоты употребления и соотношения суффиксов *-ness* и *-ment* (последний заимствован из французского языка в XII веке вместе с абстрактными отглагольными существительными) в специальной морской литературе, относящейся к судовождению, бортовой аппаратуре управления, силовым энергетическим установкам и вспомогательным механизмам. Первоначально суффикс *-ment* присоединялся только к романским основам, но, начиная уже с XVI века, в английском языке встречаются производные на *-ment* от исконно английских основ: *acknowledgement*, *amazement*, *wonderment*. Необходимо признать, что суффикс *-ment* в современном английском языке способен производить абстрактные существительные только от глагольных основ. При этом он выражает следующие значения:

- 1). Значение акта или факта выполнения того действия, на которое указывает основа. В этом случае *-ment* присоединяется к тем основам переходных глаголов действия, которые имеют активное значение.
- 2). Образуя абстрактные существительные от глаголов умственного или эмоционального состояния, качества ли условия быть таким, как указывает основа. При этом глагольные основы, сочетающиеся с суффиксом *-ment*, носят пассивные или, значительно реже, нейтральный характер.
- 3). Значение чего-либо конкретного или вещественного, материального, связанного с тем, на что указывает основа.

К недавним образованиям на *-ment* (XIX в.) можно отнести следующие существительные: *bevelment, placement, jostlement, worriment*. Слова *perturbment, puzzlement, compartmentation* и *compartmentalization* появились уже в XX веке.

Материалы исследования. При анализе использованы англо-русские морские технические словари [2, 3] и оригинальная литература морских специальностей [4-8]. Так, в словаре Мюллера (на 70 тыс. слов), мы нашли 228 существительных на *-ness*, а в англо-русском морском техническом словаре [2] 1977 года издания только 33 существительных на *-ness* и 46 на *-ment*. Тогда как в *Modern English-Russian Maritime Technical Dictionary*, 2004 г., мы нашли уже 188 существительных на *-ness* и 142 на *-ment*, что, до некоторой степени, может быть объяснено большим числом словарных единиц в последнем (табл. 1).

На высокую продуктивность суффикса *-ness* в морской терминологии указывают такие примеры, как: *seaworthiness, seaunworthiness, unseaworthiness, seakindliness*. А в ряде случаев мы отмечаем и конкуренцию суффиксов *-ness* и *-ment*: *brittleness* и *embrittlement*. Суффикс *-ness* образует и синонимы абстрактных имен существительных – *leakproofness, leaktightness, roginess, rogousness*, что также свидетельствует в пользу его продуктивности в технической терминологии. Вместе с тем следует отметить, что суффикс *-ness* чаще образует существительные с исконно-английскими основами – *out-of-roundness, jerkiness, lopsidedness* (крен вследствие несимметричности корпуса), *harness* (рангоут и такелаж), *handiness* (управляемость), *outwardness* и т.д. Суффикс *-ness* также образует существительные и от латинских основ: *homogeneousness, heterogeneousness, opaqueness* и др. Явление синонимии наблюдается и у существительных с суффиксом *-ment*, причем как с германской, так и с романской основами – *betterment, improvement*.

Интересно отметить, что существительные с суффиксом *-ness* преобладают при описании устройства, мореходных качеств и управления парусных судов, тогда как в литературе по современному судостроению с вводом новейшего оборудования мы наблюдаем высокую частоту употребления существительных с суффиксом *-ment*, несмотря на то что в современном морском техническом словаре [3] отмечается явное преобладание существительных с суффиксом *-ness* в 57% против 43%,

соответственно. Это связано не только с большим объемом словаря, указанного выше, но и с более высокой продуктивностью суффикса *-ness*. Проведенный нами дальнейший анализ специальной литературы, связанной с судовождением [4, 5] и различного рода энергетическими установками [6, 7, 8], показал, что в работах по судовождению частота употребления суффикса *-ment* составила 94%, а суффикса *-ness* только 6% (чаще всего встречались такие существительные, как *readiness, awareness, darkness*). Тогда как свыше 61% случаев употребления суффикса *-ment* приходится на такие слова, как *requirement, equipment, movement, arrangements* и *assessment*. В учебных пособиях и литературе, связанных с судовыми двигателями, котлами и вспомогательными механизмами, мы наблюдали несколько меньшую частоту употребления существительных с суффиксом *-ment* – не более 84%, а с суффиксом *-ness* всего лишь 16%. На долю таких терминов, как *adjustment, movement, alignment* и *arrangement* приходилось до 56% случаев, а среди существительных с суффиксом *-ness* преобладали такие как *thickness, hardness, cleanliness*. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Частота употребления суффиксов *-ment, -ness* в технической морской литературе и словарях

Литературные источники	Продуктивность суффиксов		Частота употребления суффиксов	
	<i>-ness</i>	<i>-ment</i>	<i>-ness</i>	<i>-ment</i>
Англо-русский словарь под редакцией Мюллера	228	178	-	-
Англо-русский морской технический словарь [2]	33 (42%)	46 (58%)	-	-
Modern English-Russian Maritime Technical Dictionary [3]	188 (57%)	142 (43%)	-	-
Литература по навигации [4, 5]	63%	37%	6%	94%
Литература по судовым двигателям, котлам и вспомогательным механизмам [6, 7, 8]	71%	29%	16%	84%

Представляет определенный интерес образование абстрактных имен существительных от прилагательных, имеющих в своем составе суффикс *-able (-ible)* – *discernibleness, combustibleness, reasonableness, meltableness*, причем первые три встречаются только в современном морском техническом

словаре [3], а в словаре под редакцией И.Р. Гальперина [11] существительных на *-ness*, образованных от прилагательных с суффиксом *-able (-ible)*, мы вообще не нашли. Не менее интересны и такие примеры сочетания суффикса *-ment* с другими суффиксами существительных *compartmentation* и *compartmentalization*.

Суффикс *-ness* можно отнести к числу абсолютно продуктивных суффиксов современного английского языка. Об этом свидетельствует его способность образовывать потенциальные слова типа *half-awakeness* «полусонное состояние, полузабытье»; *worthwhileness* (the state of being worthwhile) и др.

Однако, несмотря на легкость образования абстрактных существительных с помощью суффикса *-ness*, число реально существующих в английском языке существительных с этим суффиксом меньше, чем можно было ожидать.

Любопытно отметить, что многие производные прилагательные, с которыми сочетается суффикс *-ness*, в прошлом были образованы от основ отвлеченных имен существительных. Это в основном прилагательные на *-ful* и *-y*.

Заключение. Таким образом, можно сделать вывод, что суффиксы существительных *-ness* и *-ment* обладают высокой продуктивностью в словообразовании новых лексических единиц в области морской терминологии. По частоте употребления существительные на *-ness* значительно уступают существительным на *-ment* как в литературе по навигации (6% против 94%), так и в специальных пособиях по работе судовых энергетических установок, котлов и вспомогательных механизмов (16% против 84%). В современном техническом морском словаре мы наблюдали преобладание существительных с суффиксом *-ness* – 57% против 43%. Частотность употребления тех или иных существительных с этими суффиксами может быть использована в учебном процессе при усвоении новых терминов, как наиболее приоритетных по частоте.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каращук П.М. Словообразование английского языка. – М.: Высшая школа, 1977. – 303 с.
2. Фаворов П.А. Англо-русский морской технический словарь. – М.: Высшая школа, 1977. – 931 с.
3. Лысенко В.А. Modern English-Russian Maritime Technical Dictionary. – К.: ООО «ИП Логос», 2004. – 607 с.
4. Anwar N. Navigation advanced for mates/masters. – SeamanShip International Ltd. – 2006. – 457 p.
5. Bridge Procedure Guide. International Chamber of Shipping. – 1998. – 80 p.
6. Flanagan G.T.F. Marine Boilers. – Atheneum Press Ltd. – 1997. – 120 p.

7. McGeorge H.D. General Engineering Knowledge. – Butterworth-Heinemann Ltd. – 1992. – 157 p.
8. Wharton A.J. Diesel Engines. Marine Engineering Series. – 2002. – 108 p.
9. Standard Marine Navigational Vocabulary. – М. – 1977. – 51 с.
10. IMO Standard Marine Communication phrases. – СПб.: ООО “ПРЕСТО”, 2001. – 473 с.
11. New English-Russian Dictionary. – In 2 volumes. – М. – 1987.

Рамаскевич О.І. ПРОДУКТИВНІСТЬ СУФІКСІВ *-ness* та *-ment* АБСТРАКТНИХ ІМЕННИКІВ У ВОКАБУЛЯРІ СПЕЦІАЛЬНОЇ МОРСЬКОЇ ЛІТЕРАТУРИ

*Проведено порівняльний аналіз частоти використання та продуктивності суфіксів *-ness* та *-ment* абстрактних іменників у сполученні з романською та германською основами на матеріалі спеціальної літератури морських спеціальностей.*

Ключові слова: продуктивність суфіксів, частота застосування, словоутворення, абстрактні іменники.

Romaskevich A.I. COMPARATIVE ANALYSIS OF FREQUENCY OF USING AND PRODUCTIVE ABILITY OF *-ness* AND *-ment* SUFFIXES WITH ABSTRACT NOUNS IN MARINE TECHNICAL LITERATURE

*A comparative analysis was carried out to study the frequency of usage and productivity of suffixes *-ness* and *-ment* of abstract nouns in combination with Roman and German stems on the material of special literature of maritime specialties.*

Key words: productivity of suffixes, frequency of use, word-formation, abstract nouns.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Спешилов В.М.,

Херсонский государственный морской институт

Погрешность вычисления направления и расстояния между поворотными точками электронного маршрута перехода зависит от вида программного обеспечения судовой электронной картографической системы (ЭКС). Методика определения программного обеспечения судовой ЭКС позволяет оценить точность созданного электронного маршрута перехода по направлению и расстоянию.

Ключевые слова: программное обеспечение судовой электронной картографической системы, точность электронного маршрута перехода по направлению и расстоянию.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими задачами. Одним из важнейших условий безопасного мореплавания и повышения рентабельности морских грузоперевозок является умение осуществлять плавание судна по наивыгоднейшему пути. Критерием наивыгоднейшего пути является выполнение перехода судна из порта погрузки в порт назначения в кратчайшее время при условии обеспечения безопасности плавания и сохранности груза. Основой для выбора наивыгоднейшего пути судна является кратчайшее расстояние между начальной и конечной точками трансокеанского участка маршрута перехода. Кратчайшей линией пути между двумя точками на земном сферонде является геодезическая линия. Таким образом, использование земного сфероида в качестве математической модели Земли дает наилучшую точность решения навигационных задач. Применение в качестве математической модели земного шара различной модификации приводит к увеличению погрешности вычисления направления и расстояния. Поэтому для оценки точности вычисления направлений и расстояний необходимо определить – какая математическая модель Земли применяется в компьютерной программе ЭКС в качестве математической основы для решения навигационных задач.

Анализ последних публикаций, в которых начато решение данной проблемы. Программное обеспечение судовых ЭКС по решению навигационных задач основано на применении трех математических моделей Земли:

1. Земной шар, длина одной минуты дуги большого круга которого равна одной морской миле.
2. Земной шар, радиус которого равен длине большой полуоси земного сфероида, принятого в качестве геодезической основы судовой электронной карты.
3. Земной сфероид WGS-84 или сфероид Кларка, или сфероид Красовского и др.

В зависимости от базовой математической модели Земли – счетно-решающее устройство судовой ЭКС может иметь следующие виды программного обеспечения по вычислению локсодромических и ортодромических направлений и расстояний:

1. Если в качестве математической основы для решения навигационных задач принят земной шар, длина одной минуты дуги большого круга которого равна одной морской миле, то вид программного обеспечения судовой ЭКС зависит от способа вычисления локсодромического курса судна: с учетом сфероидичности Земли или без учета сфероидичности Земли.

2. Если в качестве математической основы для решения навигационных задач принят земной шар, радиус которого равен длине большой полуоси земного сфероиды, то вид программного обеспечения судовой ЭКС также зависит от способа вычисления локсодромического курса – с учетом или без учета сфероидичности Земли.

Пятый способ вычисления локсодромического направления и расстояния основан на применении земного сфероиды в качестве математической основы для решения навигационных задач.

Способ вычисления ортодромического направления и расстояния зависит от применения математической модели Земли: вышеупомянутые модификации земного шара или земной сфероид.

Таким образом, в программном обеспечении судовой ЭКС заложен один из пяти вышеперечисленных способов вычисления локсодромического курса и расстояния и один из трех способов вычисления начального ортодромического курса и расстояния. Поскольку каждый способ вычисления направления и расстояния имеет свою погрешность, то для оценки точности электронного маршрута перехода по направлению и расстоянию необходимо создать произвольный электронный маршрут табличным способом и методом исключения определить вид программного обеспечения судовой ЭКС путем сравнения табличных значений «электронного» локсодромического и ортодромического курса и расстояния с курсом и расстоянием, вычисленным с помощью научного калькулятора всеми возможными способами. Для этого судоводитель должен уметь вычислять локсодромические и ортодромические курсы и расстояния всеми вышеперечисленными способами.

Во всех отечественных учебниках по навигации приведены формулы по вычислению локсодромических и ортодромических направлений и расстояний без учета сфероидичности Земли на базе земного шара, длина одной минуты дуги большого круга которого равна одной морской миле.

В учебнике по навигации [1] приведены формулы по определению коэффициента для учета сфероидичности Земли при вычислении разности широт и разности долгот двух точек.

В издании [2] изложена методика вычисления локсодромических и ортодромических направлений и расстояний с учетом сфероидичности Земли с применением Таблиц для вычисления азимута и длины геодезической

линии, которые не входят в конвенционный перечень судовой коллекции руководств и пособий для плавания.

В издании [3] приведена методика вычисления локсодромических и ортодромических направлений и расстояний между точками с одноименными широтами на базе земного шара, радиус которого равен длине большой полуоси земного сфероиды WGS-84.

В публикации [4] приведена методика вычисления локсодромического и ортодромических расстояний с учетом сфероидичности Земли между точками с одноименными и разноименными широтами.

Таким образом, в вышеперечисленных изданиях и публикациях изложены не все способы вычисления локсодромических и ортодромических направлений и расстояний, которые могут быть заложены в программном обеспечении судовой ЭКС. Поэтому для определения вида программного обеспечения судовой ЭКС необходима целостная методика сравнения табличных значений локсодромических и ортодромических курсов и расстояний созданного электронного маршрута перехода с направлениями и расстояниями, вычисленными всеми возможными способами с помощью научного калькулятора.

Целью данной статьи является разработка методики определения программного обеспечения судовой ЭКС по вычислению направления и расстояния между двумя маршрутными точками.

Изложение основного материала. Определение вида программного обеспечения судовой ЭКС целесообразно производить в следующей последовательности:

1. Создать электронный маршрут табличным способом путем ручной установки произвольных географических координат начальной и конечной точек этого маршрута в таблицу ввода данных маршрута судовой ЭКС.

2. Вычислить локсодромический курс ($K_{лок}$) и локсодромическое расстояние ($S_{лок}$) между маршрутными точками четырьмя способами.

Способ № 1.1 основан на применении в качестве математической модели Земли земного шара, одна минута дуги большого круга которого равна одной морской миле. Локсодромический курс при этом вычисляется без учета сфероидичности Земли:

$$\pm \Delta \varphi_{нк} = (\pm \varphi_{к}) - (\pm \varphi_{н}); \quad \pm \Delta \lambda_{нк} = (\pm \lambda_{к}) - (\pm \lambda_{н}), \quad (1)$$

$$MЧ_{н(к)} = 7915,704468 \lg \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi_{н(к)}}{2} \right), \quad (2)$$

$$PMЧ_{нк} = (\pm MЧ_{к}) - (\pm MЧ_{н}), \quad (3)$$

$$K_{лок1} = \operatorname{arctg} \frac{\Delta \lambda'}{PMЧ_{нк}}, \quad (4)$$

$$S_{\text{лок1}} = \frac{\Delta\varphi'}{\cos K_{\text{лок1}}}. \quad (5)$$

Способ № 2.1 основан на применении в качестве математической модели Земли земного шара, радиус которого равен длине большой полуоси земного сфероида. Локсодромический курс при этом вычисляется без учета сфероидичности Земли $K_{\text{лок2}} = K_{\text{лок1}}$:

$$1\text{георг.миля} = a_m \text{arc } 1' \quad (6)$$

где a_m – длина большой полуоси земного сфероида в метрах.

$$S_{\text{лок2}} = \frac{S_{\text{лок1}} \cdot 1\text{георг.миля}(м)}{1852\text{м}}. \quad (7)$$

Способ № 3.1 основан на применении в качестве математической модели Земли земного шара, длина одной минуты дуги большого круга которого равна одной морской миле. Локсодромический курс при этом вычисляется с учетом сфероидичности Земли. Поэтому меридиональные части начальной и конечной точки вычисляют по формуле:

$$MЧ_{n(\kappa)} = 7915,704468 \lg \left[\text{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi_{n(\kappa)}}{2} \right) \left(\frac{1 - e \sin \varphi_{n(\kappa)}}{1 + e \sin \varphi_{n(\kappa)}} \right)^{0,5e} \right]. \quad (8)$$

Разность меридиональных частей начальной и конечной точек ($PMЧ_{нк}$), локсодромический курс судна ($K_{\text{лок3}}$) и локсодромическое расстояние ($S_{\text{лок3}}$) вычисляют с помощью формул (3-5).

Способ № 4.1 основан на применении в качестве математической модели Земли земного шара, радиус которого равен длине большой полуоси земного сфероида. Локсодромический курс при этом вычисляется с учетом сфероидичности Земли $K_{\text{лок4}} = K_{\text{лок3}}$:

$$S_{\text{лок4}} = \frac{S_{\text{лок3}} \cdot 1\text{георг.миля}(м)}{1852\text{м}}. \quad (9)$$

Способ № 5.1 основан на применении в качестве математической модели Земли земного сфероида:

Формулы для вычисления локсодромического расстояния с учетом сфероидичности Земли зависят от разности широт двух точек и от наименования географических широт этих точек:

$$\text{Если } \Delta\varphi_{нк} < 20^0 \text{ и } S_{лок5} = \frac{\Delta\varphi_{нк} \sec K_{лок5}}{1 + (\pm f)}, \quad (10)$$

где f – коэффициент для учета сфероидичности Земли, величину которого вычисляют по формуле:

$$\pm f = -0,00180896 + 0,00669342(1 - 1,5 \sin^2 \varphi_{ср.нк}). \quad (11)$$

Если $\Delta\varphi_{нк} > 20^0$ и при этом $\varphi_n = 0$:

$$S_{лок5} = \frac{\varphi'_к + 0,0001337107\varphi'_к - 8,658986\sin 2\varphi_к + 0,00904\sin 4\varphi_к}{\cos K_{лок5}}. \quad (12)$$

Если $\Delta\varphi_{нк} > 20^0$ и при этом φ_n и $\varphi_к$ – одноименны:

$$S_{лок5} = [(\varphi_{\max} - \varphi_{\min})' + 0,0001337107\varphi'_{\max} - 8,65896\sin 2\varphi_{\max} + 0,00904\sin 4\varphi_{\max} - 0,0001337107\varphi'_{\min} + 8,65896\sin 2\varphi_{\min} - 0,00904\sin 4\varphi_{\min}] \sec K_{лок5}. \quad (13)$$

Если $\Delta\varphi_{ie} > 20^0$ и при этом φ_i и φ_e – разноименны:

$$S_{лок5} = [(\varphi_n + \varphi_к)' + 0,0001337107\varphi'_n - 8,65896\sin 2\varphi_n + 0,00904\sin 4\varphi_n + 0,0001337107\varphi'_к - 8,65896\sin 2\varphi_к + 0,00904\sin 4\varphi_к] \sec K_{лок5}. \quad (14)$$

3. Вычислить начальный ортодромический курс (K_{opt}) и ортодромическое расстояние (S_{opt}) между маршрутными точками тремя способами.

Способ № 1.2 основан на применении в качестве математической модели Земли земного шара, одна минута дуги большого круга которого равна одной морской миле:

$$K_{opt1} = \arctg(\operatorname{tg}\varphi_к \cos\varphi_n \operatorname{cosec}\Delta\lambda_{нк} \sin\varphi_n - \operatorname{ctg}\Delta\lambda_{нк} \sin\varphi_n), \quad (15)$$

$$S_{opt1} = \arccos[\sin(\pm\varphi_n)\sin(\pm\varphi_к) + \cos\varphi_n \cos\varphi_к \cos\Delta\lambda]. \quad (16)$$

Способ № 2.2 основан на применении в качестве математической модели Земли земного шара, радиус которого равен длине большой полуоси земного сфероида:

$$K_{opt2} = K_{opt1},$$

(17)

$$S_{opt2} = \frac{S_{opt1} \cdot 1 \text{ геогр.миля (м)}}{1852}.$$

Способ № 3.2 основан на применении в качестве математической модели Земли земного сфероида:

$$K_{opt3} = K_{лок3} + (\pm \psi)$$

(18)

где ψ – ортодромическая поправка направления, значение которой выбирают из сборника Мореходных таблиц [3].

$$S_{opt3} = S_{opt2} + (\pm \Delta S'_2),$$

(19)

где $\Delta S'_2$ – поправка ортодромического расстояния за сфероидичность Земли, значение которой выбирают из таблиц 1, 2.

Таблица 1 – Поправки к ортодромическому расстоянию за сфероидичность Земли, φ_H и φ_K одноименны

φ_H	φ_K	$\Delta\lambda$									
		1^0		10^0		.....		110^0		120^0	
		ΔS_1	ΔS_2	ΔS_1	ΔS_2	.....		ΔS_1	ΔS_2	ΔS_1	ΔS_2
0^0	0^0	0	0	0	0	.....	.....	0	0	0	0
0^0	10^0	-3	-4	-1	-3	.....	.....	12	0	13	0
0^0	20^0	-6	-8	-5	-7	.....	.....	11	-1	12	-1
0^0	30^0	-8	-11	-7	-10	.....	.....	10	-2	10	-2
0^0	40^0	-9	-13	-8	-12	.....	.....	8	-3	9	-3
0^0	50^0	-9	-14	-8	-13	.....	.....	7	-4	8	-4
0^0	60^0	-8	-7	-14	-13	.....	.....	5	-6	6	-5
10^0	10^0	0	0	1	0	.....	.....	12	0	13	0
10^0	20^0	-3	-4	-1	-3	.....	.....	12	1	13	1
.....
50^0	60^0	1	0	1	0	.....	.....	13	7	14	8
φ_H и φ_K разноименны											
10^0	10^0	-6	-8	-5	-7	.....	.....	11	-1	12	-1
.....
50^0	60^0	-15	-27	2	-10	.....	.....	-3	-18	-2	-18

Таблица 2 – Поправки к локсодромическому расстоянию за сфероидичность Земли, φ_H и φ_K одноименны

φ_H	φ_K	$\Delta\lambda$																			
		1^0				10^0				.....				110^0				120^0			
		ΔS_1	ΔS_2	ΔS_3	ΔS_4	ΔS_1	ΔS_2	ΔS_3	ΔS_4	...	...	...	...	ΔS_1	ΔS_2	ΔS_3	ΔS_4	ΔS_1	ΔS_2	ΔS_3	ΔS_4
0^0	0^0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...	0	0	0	0	0	0	0	0
0^0	10^0	-3	-4	-3	-4	1	-3	-4	-6	...	...	...	...	12	0	-32	-44	13	0	-35	-48
0^0	20^0	-5	-8	-5	-8	-4	-7	-6	-8	...	...	...	...	11	-1	-30	-42	12	-1	-32	-45
0^0	30^0	-7	-11	-7	-11	-7	-10	-8	-11	...	...	...	...	10	-1	-26	-38	12	-1	-29	-42
0^0	40^0	-8	-13	-8	-12	-8	-12	-8	-13	...	...	...	...	10	-2	-22	-34	11	-2	-24	-37
0^0	50^0	-8	-14	-8	-14	-8	-13	-8	-14	...	...	...	...	8	-3	-18	-29	10	-3	-19	-31
0^0	60^0	-7	-14	-7	-14	-7	-13	-7	-14	...	...	...	...	7	-5	-12	-24	8	-4	-13	-25
10^0	10^0	0	0	0	0	1	0	1	0	...	...	...	...	12	1	12	1	13	1	13	1
10^0	20^0	-3	-4	-3	-4	-1	-3	-4	-5	...	...	...	...	12	0	-27	-39	13	1	-29	-42
...
50^0	60^0	1	0	1	0	2	0	1	0	...	...	...	...	7	4	3	0	8	5	4	0
φ_H и φ_K разноименны																					
10^0	10^0	-6	-8	-6	-8	-5	-7	-6	-9	...	...	...	...	11	-1	-32	-44	12	-1	-35	-48
...
50^0	60^0	10	5	5	0	11	6	5	0	...	...	...	...	15	9	7	0	17	9	8	0

Допустим:

$$\varphi_H = 0^0 00',000; \quad \lambda_H = 0^0 00',000; \quad \varphi_K = 60^0 00',000N; \quad \lambda_K = 120^0 00',000E.$$

Геодезическая система координат судовой электронной карты WGS-84
 $a=6378137m; \quad e=0,081819791.$

Вычисление $K_{лок1}$ и $S_{лок1}$ способом № 1.1 с помощью формул (1-5):

$$\Delta\varphi_{HK} = \varphi_K = 60^0,0 \kappa N; \quad \Delta\lambda_{HK} = \lambda_K = 120^0,0 \kappa E;$$

$$M\varphi_K = PM\varphi_{HK} = 7915,704468 \lg \operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi_K}{2} \right) = 7915,704468 \lg \left(45^0 + \frac{60^0}{2} \right) =$$

$$= 4527,367757;$$

$$K_{лок1} = \arctg \frac{\Delta\lambda'_{нк}}{PMЧ_{нк}} = \frac{120^0 \cdot 60'}{4527,367757} = 57^0,83827434 \approx 57^0,8;$$

$$S_{лок1} = \frac{\Delta\varphi'_{нк}}{\cos K_{лок1}} = \frac{60^0 \cdot 60'}{\cos 57^0,83827434} = 6762,965166 \approx 6763,0 \text{ м} \cdot \text{миль}.$$

Вычисление $K_{лок2}$ и $S_{лок2}$ способом № 2.1 с помощью формул (6, 7):

$$K_{лок2} = K_{лок1} = 57^0,8;$$

$$1 \text{ геогр.миля} = a_m \arcsin 1' = \frac{6378137}{3437,746771} = 1855,324846 \text{ м};$$

$$S_{лок2} = \frac{S_{лок1} \cdot 1 \text{ геогр.миля}}{1 \text{ мор.миля}} = \frac{6762,965166 \cdot 1855,324846}{1852,0} = 6775,106535 \approx 6775,1 \text{ м} \cdot \text{миль}.$$

Вычисление $K_{лок3}$ и $S_{лок3}$ способом № 3.1 с помощью формул (3-5, 8):

$$MЧ_{\kappa} = PMЧ_{нк} = 7915,704468 \lg \left[\operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{\varphi_{\kappa}}{2} \right) \left(\frac{1 - e \sin \varphi_{\kappa}}{1 + e \sin \varphi_{\kappa}} \right)^{0,5e} \right] =$$

$$= 7915,704468 \lg \left[\operatorname{tg} \left(45^0 + \frac{60^0}{2} \right) \left(\frac{1 - 0,081819791 \sin 60^0}{1 + 0,081819791 \sin 60^0} \right)^{0,5 \cdot 0,081819791} \right] =$$

$$= 4507,403661;$$

$$K_{лок3} = \arctg \frac{\Delta\lambda'_{нк}}{PMЧ_{нк}} = \frac{120^0 \cdot 60'}{4507,403661} = 57^0,95226948 \approx 57^0,9...58^0,0;$$

$$S_{лок3} = \frac{\Delta\varphi'_{нк}}{\cos K_{лок3}} = \frac{60^0 \cdot 60'}{\cos 57^0,95226948} = 6784,445265 \approx 6784,4 \text{ м} \cdot \text{миль}.$$

Вычисление $K_{лок4}$ и $S_{лок4}$ способом № 4.1 с помощью формулы (7):

$$K_{лок4} = K_{лок3} = 57^0,9...58^0,0;$$

$$S_{лок4} = \frac{S_{лок3} \cdot 1 \text{ геогр.миля}}{1852,0} = \frac{6784,445265 \cdot 1855,324846}{1852,0} = 6796,625196 \approx 6796,6 \text{ м} \cdot \text{миль}.$$

Вычисление $K_{лок5}$ и $S_{лок5}$ способом № 5.1 с помощью формул (10-13):

$$K_{лок5} = K_{лок3} = 57^{\circ},9...58^{\circ},0;$$

Поскольку $\Delta\varphi_{нк} > 20^{\circ}$, $\varphi_i = 0$, то вычисление $S_{лок5}$ производят по формуле (12):

$$\begin{aligned} S_{лок5} &= \frac{\varphi'_к + 0,0001337107\varphi'_к - 8,658986 \sin 2\varphi_к + 0,00904 \sin 4\varphi_к}{\cos K_{лок5}} = \\ &= \frac{3600' + 0,000133107 \cdot 3600' - 8,658986 \sin 2 \cdot 60^{\circ} + 0,00904 \sin 4 \cdot 60^{\circ}}{\cos 57^{\circ},95226948} = \\ &= 6771,07273 \approx 6771,1. \end{aligned}$$

Вычисление $K_{орп1}$ и $S_{орп2}$ способом № 1.2 с помощью формул (14, 15):

$$\begin{aligned} K_{орп1} &= \text{arcctg} (tg\varphi_к \cos\varphi_н \text{ cosec}\Delta\lambda_{нк} - \text{ctg}\Delta\lambda_{нк} \sin\varphi_н) = \\ &= \text{arcctg} tg60^{\circ} \text{ cosec}120^{\circ} = 26^{\circ},56505118 \approx 26^{\circ},6; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{орп1} &= \arccos [\sin(\pm\varphi_н) \sin(\pm\varphi_к) + \cos\varphi_н \cos\varphi_к \cos\Delta\lambda_{нк}] = \\ &= \arccos \cos60^{\circ} \cos120^{\circ} = 104^{\circ},4775122 \cdot 60' = 6268,650731 \approx \\ &\approx 6268,6...6268,7 \text{ м} \cdot \text{миль}. \end{aligned}$$

Вычисление $K_{орп2}$ и $S_{орп2}$ способом № 2.2 с помощью формулы (16):

$$K_{орп2} = K_{орп1} = 26^{\circ},6;$$

$$\begin{aligned} S_{орп2} &= \frac{S_{орп1} \cdot 1 \text{ геогр.миля (м)}}{1 \text{ мор.миля (м)}} = \frac{6268,650731 \cdot 1855,324846}{1852,0} = \\ &= 6279,90467 \approx 6279,9 \text{ м} \cdot \text{миль}. \end{aligned}$$

Вычисление $K_{орп3}$ и $S_{орп3}$ способом № 3.2 с помощью формул (17, 18):

$$K_{орп3} = K_{лок3} + (\pm\psi) = 57^{\circ},9 + (-31^{\circ},4) = 57^{\circ},9 - 31^{\circ},4 = 26^{\circ},5;$$

$$S_{орп3} = S_{орп2} + (\pm\Delta S'_2) = 6279,9 + (-5,0) = 6274,9.$$

По результатам всех вычислений составляем таблицы 3 и 4.

$$\varphi_n = 0^{\circ}00',000; \quad \lambda_n = 0^{\circ}00',000; \quad \varphi_k = 60^{\circ}00',000N; \quad \lambda_k = 120^{\circ}00',000E.$$

Таблица 3

Способ №1.1		Способ №1.1		Способ №1.1		Способ №1.1		Способ №1.1	
$K_{лок1}$	$S_{лок1}$	$K_{лок2}$	$S_{лок2}$	$K_{лок3}$	$S_{лок3}$	$K_{лок4}$	$S_{лок4}$	$K_{лок5}$	$S_{лок5}$
57 ⁰ ,8	6763,0	57 ⁰ ,8	6775,1	57 ⁰ ,9	6784,4	57 ⁰ ,9	6796,6	57 ⁰ ,9	6771,1

Таблица 4

Способ №1.1		Способ №1.1		Способ №1.1	
$K_{лок1}$	$S_{лок1}$	$K_{лок2}$	$S_{лок2}$	$K_{лок3}$	$S_{лок3}$
26 ⁰ ,6	6268,7	26 ⁰ ,6	6279,9	26 ⁰ ,5	6274,9

Вид программного обеспечения судовой ЭКС определяют путем сравнения направления и расстояния, вычисленных счетно-решающим устройством судовой ЭКС, с направлениями и расстояниями, значения которых приведены в таблицах 3, 4. Возможны следующие виды программного обеспечения судовой ЭКС:

Программное обеспечение № 1, когда $K_{лок}$ и $S_{лок}$ вычисляются способом №1.1, а $K_{орт}$ и $S_{орт}$ вычисляются способом № 1.2, так как математической основой вычисления этими способами является земной шар, длина одной минуты дуги большого круга которого равна одной морской миле.

Программное обеспечение № 2, когда $K_{лок}$ и $S_{лок}$ вычисляют способом № 2.1, а $K_{орт}$ и $S_{орт}$ вычисляются способом № 2.2, так как математической основой вычисления этими способами является земной шар, радиус которого равен длине большой полуоси WGS-84.

Программное обеспечение № 3, когда $K_{лок}$ и $S_{лок}$ вычисляются способом № 3.1, а $K_{орт}$ и $S_{орт}$ вычисляются способом № 1.2, так как математической основой вычисления этими способами является земной шар, длина одной минуты дуги большого круга которого равна одной морской миле.

Программное обеспечение № 4, когда $K_{лок}$ и $S_{лок}$ вычисляются способом № 4.1, а $K_{орт}$ и $S_{орт}$ вычисляются способом № 2.2, так как математической основой вычисления этими способами является земной шар, радиус которого равен длине большой полуоси WGS-84.

Программное обеспечение № 5, когда $K_{лок}$ и $S_{лок}$ вычисляются способом № 5.1, а $K_{орт}$ и $S_{орт}$ вычисляются способом № 3.2, так как математической основой вычисления этими способами является земной сфероид WGS-84.

Таким образом, тестирование программного обеспечения судовой ЭКС по вычислению направления и расстояния между маршрутными точками с координатами

$$\varphi_n = 0^{\circ}00',000; \quad \lambda_n = 0^{\circ}00',000; \quad \varphi_k = 60^{\circ}00',000N; \quad \lambda_k = 120^{\circ}00',000E.$$

производят с помощью таблиц 3 и 4. Эти таблицы допустимо применять для тестирования программного обеспечения судовой ЭКС, когда геодезической основой судовой электронной карты является любой другой земной сфероид, отличный от WGS-84, так как результаты вычисления направления и расстояния на базе различных по форме и размеру земных сфероидов отличаются на сотые доли градуса и десятые доли морской мили соответственно, что для большой протяженности маршрута является пренебрежимо малой величиной.

Если по результатам тестирования судовой ЭКС имеет программное обеспечение № 1 то для получения длины локсодромии между маршрутными точками на земном сфероиде – табличное значение $S_{лок1}$ исправляют поправкой ΔS_1 (табл. 2), а для получения длины геодезической линии – табличное значение $S_{опт1}$ исправляют поправкой $\Delta S'_1$ (табл. 1). Расстояния, вычисленные счетно-решающим устройством судовой ЭКС с программным обеспечением № 2-4, исправляют соответственно поправкам ΔS_2 и $\Delta S'_2$; ΔS_3 и $\Delta S'_3$; ΔS_4 и $\Delta S'_4$.

Локсодромический и начальный ортодромический курс, вычисленный счетно-решающим устройством судовой ЭКС, поправкой не исправляют, так как погрешность вычисления этих направлений не превышает величины $(0,1-0,2)^{\circ}$.

Допустим локсодромическое расстояние между точками 0 и 1 созданного электронного маршрута $RL=6796,6$ м-миль (табл. 5), а ортодромическое расстояние между этими точками $GC=6279,9$ м-миль (табл. 6).

Таблица 5

BIL-FLSG	0	1
Name		
Lat	0°00.000	50°00.000 N
Lon	0°00.000	120°00.000 E
XTE		0.10 m
RL/GC		RL
Course		57.9°
Distance		6796,6 nm
Sum distance		6796,6 nm

Таблица 6

BIL-FLSG	0	1
Name		
Lat	0°00.000	50°00.000 N
Lon	0°00.000	120°00.000 E
XTE		0.10 m
RL/GC		GL
Course		26.6°
Distance		6279,9 nm
Sum distance		6279,9 nm

С помощью таблиц 3 и 4 определяем способы вычисления, которые заложены в программном обеспечении судовой ЭКС:

- локсодромическое расстояние (RL) 6796,6 nm вычислено способом № 4.1.

- ортодромическое расстояние (GC) 6279,39 nm вычислено способом № 2.2.

Таким образом, судовая ЭКС имеет программное обеспечение № 4 и поэтому длину локсодромии между точками 0-1 на земном сфероиде определяют с помощью поправки $\Delta S_4 = -4$ из таблицы 2, а длину геодезической линии между этими точками определяют с помощью поправки $\Delta S'_2 = -5$ из таблицы 1:

$$S_{лок5} = S_{лок4} + (\pm \Delta S_4) = 6736,6 + (-4) = 6736,6 - 4 = 6732,6 \text{ м} \cdot \text{миль},$$

$$S_{орт3} = S_{орт2} + (\pm \Delta S'_2) = 6279,9 + (-5) = 6274,9 \text{ м} \cdot \text{миль}.$$

При выборе альтернативного пути на трансокеанском участке маршрута перехода учитывают выигрыш в расстоянии при движении судна по ортодромии в сравнении с движением по локсодромии: $\Delta S = S_{лок} - S_{орт}$. В нашем примере счетно-решающее устройство судовой ЭКС вычисляет этот выигрыш с погрешностью 20 м·миль:

$$\Delta S_1 = S_{лок4} - S_{орт2} = 6796,6 - 6279,9 = 516,7 \text{ м} \cdot \text{миль},$$

$$\Delta S_2 = S_{лок5} - S_{орт3} = 6771,1 - 6274,9 = 496,2 \text{ м} \cdot \text{миль},$$

$$\Delta = \Delta S_1 - \Delta S_2 = 516,7 - 496,2 = 20,5 \text{ м} \cdot \text{миль}.$$

Выводы. Анализ таблиц 1 и 2 показывает, что погрешность вычисления локсодромического и ортомического расстояния между маршрутными точками счетно-решающим устройством судовых ЭКС не

превышает величины, которая составляет 0,7% длины локсодромии на поверхности сфероиды (7 м·миль на каждую тысячу морских миль).

Однако погрешность вычисления выигрыша в расстоянии при плавании по ортодромии в сравнении с плаванием по локсодромии достигает 100 м·миль, что может негативно повлиять на принятие решения по выбору альтернативного пути на трансокеанском участке маршрута перехода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев В.И., Григорян В., Ктенин В.А. Навигация и лоция: учебник для вузов / В.И. Дмитриев. – М.: ИКЦ «Академ книга», 2004. – 471 с.
2. Мореходные таблицы 1975 г. (МТ-75). – Изд. ГУНиО МО РФ.
3. BROWN'S NAUTICAL ALMANAH.: PUBLISHED BY: BROWN, SON FERGUSON, LTD, GLASGOV, G-41 2SD.
4. Спешилов В.М. Вычисление длины локсодромии и ортодромии для протяженных маршрутов плавания с учетом сфероидичности Земли // Науковий вісник ХДМІ, 2010. – № 1(2). – С. 56–61.

Спешилов В.М. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОННИХ КАРТОГРАФІЧНИХ СИСТЕМ

Похибка обчислення напрямку та відстані між поворотними точками електронного маршруту переходу залежить від виду програмного забезпечення суднової електронної картографічної системи (ЕКС). Методика визначення програмного забезпечення суднової ЕКС дозволяє оцінити точність створеного електронного маршруту переходу за напрямком і відстанню.

Ключові слова: програмне забезпечення суднової електронної картографічної системи, точність електронного маршруту переходу за напрямком і відстанню.

Speshylov V.M. METHODOLOGY OF DETERMINATION OF SOFTWARE OF ELECTRONIC CHART DISPLAY SYSTEMS FOR CALCULATION OF DIRECTION AND DISTANCE BETWEEN TURNING POINTS OF TRANSIT ROUTE

Inaccuracy of calculation of direction and distance between turning points of electronic transit route depends on the type of software of Ship Electronic Chart Display System (ECDS). Methodology of determination of software for Ship Electronic Chart Display Systems allows to make an estimate the accuracy of created electronic transit route by direction and distance.

Key words: software of Electronic Chart Display Systems, accuracy of electronic transit route by direction and distance.

ПРОБЛЕМИ ВИЩОЇ ШКОЛИ

УДК 550.47:371.214.114

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ПРОЕКТІВ У СУЧАСНІЙ ПЕДАГОГІЧНІЙ ПРАКТИЦІ

Біла Т.А., Марчук Г.П.,

Херсонський державний аграрний університет

Розглядається аналіз методу проектів та його можливості щодо застосування у процесі організації самостійної роботи студентів.

Ключові слова: метод проектів, самостійна робота, кредитно-модульна система, ключові запитання, тематичні запитання.

Постановка і стан вирішення проблеми. Розвиток освіти багато в чому визначає майбутнє суспільства, культури, особистості. «Освіта формує людину, озброює її знанням, виховує громадянські якості, вміння думати й працювати, спілкуватись і відпочивати, жити суспільним чином і водночас бути індивідуально неповторною особистістю» [1].

Водночас реформування освіти зумовлює важливість самостійного навчання, стимулювання послідовної роботи студентів протягом семестру і підвищення якості їхніх знань, виявлення та розвиток творчих здібностей студентів, запровадження здорової конкуренції в навчанні тощо.

Організація самостійної роботи студентів означає створення для розвитку вмінь планувати, організовувати, реалізовувати та вносити корективи у свою діяльність. В організації самостійної роботи студентів особливо важливо правильно визначити обсяг і структуру змісту навчального матеріалу, який виноситься на самостійне опрацювання.

Унаслідок розгортання цих процесів, підсиленого впровадженням кредитно-модульної системи організації навчання у вищих навчальних закладах III-IV рівня акредитації, перед нами гостро постає проблема впровадження якісно нових методів організації самостійної роботи, орієнтованої на дослідницьку діяльність як форму реалізації продуктивної праці студентів.

Серед вітчизняних дослідників проблеми оптимізації самостійної роботи та підвищення ролі самостійної дослідницької діяльності розглядалися в працях відомих учених-дидактів: Б.П. Єсипів, В.К. Буряк у своїх роботах особливо підкреслювали важливість творчої самостійної діяльності [2], Л.Ю. Вураско підкреслює необхідність оволодіння навичками самостійної роботи та формування культури самостійної праці самими студентами [3].

Актуальність обраної проблеми зумовлена тим, що впровадження кредитно-модульної системи вимагає адаптації видів і форм організації самостійної роботи до дидактичних завдань нової технології.

Метою дослідження цієї проблеми у межах даної статті є пошук оптимального методу підвищення ефективності організації самостійної дослідницької роботи з хімії у вищому аграрному навчальному закладі шляхом реалізації методу проектів.

Основна частина. Пояснюючи термін «метод проектів», необхідно зазначити, що на відміну від поняття «проект» означає певну організаційну, алгоритмічну модель навчальної діяльності. Під цим терміном розуміють спеціальний добір та організацію форм і видів навчальної діяльності, спрямованих на досягнення прогнозованих результатів самостійної роботи.

Використання цього методу неможливе без чіткого визначення дидактичних завдань, які студенти вирішують у процесі навчальної діяльності за різними типами проектів. Упровадження методу в навчальний процес потребує певних затрат часу на попередню підготовку. Також потрібно зрозуміло поставити проблему, яку студенти розв'язують у спільній творчій, дослідницькій, пошуковій, ігровій діяльності відповідно до типу проекту.

Основними вимогами до використання методу проектів є:

- колективна та індивідуальна діяльність студентів;
- постановка проблеми, яка потребує комбінованих знань студентів та планування дій, спрямованих на її розв'язання;
- використання науково-дослідницьких методів;
- складання плану роботи над проектом;
- фіксування проміжних результатів (негативних також);
- результати застосування методу проектів повинні мати навчальну і практичну цінність.

Розпочинати проектну діяльність треба з визначення і чіткого формування ключових і тематичних запитань, які відображають основну концепцію навчальної теми.

У чому полягає різниця між ключовими і тематичними запитаннями?

Ключові запитання: а) широко охопні; б) відбивають зв'язок між навчальними предметами, окремими темами.

Тематичні запитання проекту:

- а) пов'язані з конкретною темою, розділом програми;
- б) конкретизують, поглиблюють та продовжують ключові;
- в) стосуються реального життя.

Тематичні запитання з різних навчальних предметів, різних проектів спрямовані на поступове дослідження і пояснення різних аспектів ключового запитання.

Коли вже визначилися з ключовими і тематичними запитаннями, треба приступати до планування. Воно містить у собі визначення оптимального змісту та структурної організації курсу [4].

Мають бути враховані такі фактори:

- основні завдання проектів;
- зв'язок з темами аудиторних занять;
- ступінь складності матеріалу;
- рівень знань групи в цілому;
- вади й переваги, а також особливості мислення кожного студента;
- рівень професійності викладача;
- можливості навчальних лабораторій, доступ до джерел інформації – електронних тощо (використання глобальної мережі Інтернет, технологій Microsoft, Netscape та ін.);
- наявність часу, запланованого на самостійну роботу;
- урахування психологічних особливостей стосунків у групі.

Логічним завершенням процесу є оцінювання результатів колективних проектів. Воно має включати аналіз практичної вагомості результатів та знання, які студенти отримали додатково під час роботи над завданням. Для всебічної оцінки проектів слід дослідити співвідношення результатів із раніше передбаченими прогнозами, які мають бути виведені відповідно до цілей та дидактичних завдань. Щодо оцінки індивідуальної роботи кожного студента слід зауважити, що має враховуватися також особистий внесок кожного члена команди. Якщо обдарований студент докладає певних зусиль для досягнення свого рівня, а слабкий також витрачає максимум зусиль для досягнення свого, справедливо буде оцінити їх однаково за умови, що кожен зробив те, на що був здатний.

Організовуючи роботу за методом колективних проектів, безумовно слід дотримуватися принципу поступового зростання рівня складності та самостійності роботи, співвідношення її із завданнями класичних моделей організації навчання. Студент самостійно і в групі має долати посильні труднощі, але слід звернути увагу на те, що рівень вимог не повинен бути нижчим від рівня розвитку його розумових здібностей [5]. Отже, доцільно виділяти певні етапи організації колективної самостійної роботи в навчальному процесі. Ці етапи можуть варіюватися залежно як від особливостей викладача, так і від характерних рис навчальної групи. Треба враховувати індивідуальний базовий рівень знань і вмінь студентів та досвід і навички, набуті ними під час виконання попередніх проектів.

Наприклад, для створення проекту за темою: «Вода як джерело Гідрогену для синтезу органічних речовин та середовище виникнення життя, охорона природних вод та їх аналіз» при вивченні дисципліни біогеохімія викладач разом із студентами створюють п'ять творчих груп, які проводять дослідження за основними напрямками:

1 група – аномальні фізико-хімічні властивості води та їх значення для розвитку живої матерії;

2 група – вміст води у біосфері та його розподіл між атмосферою, гідросферою та літосферою;

3 група – хімічний склад природних вод;

4 група – антропогенний вплив на екологічний стан гідросфери;

5 група – експериментатори.

Цей проект складається із досліджень з ботаніки, зоології, геології, ґрунтознавства, екології, хімії. Коло пошуку можна розширити, поставивши їм такі запитання:

- Якби на Землі не було води, чи можливе було б на ній життя?

- Чи існує життя у краплині води? Чи має сенс вислів: «У краплині води відбивається Всесвіт»?

- Які властивості води забезпечують життя організмів у ній у різні пори року?

- Вода – невичерпне джерело?

- Дослідити хімічний склад річкової та джерельної води.

- Чи є такою гострою проблема забруднення водного середовища?

Які пропонуєте заходи щодо охорони навколишнього середовища?

- Які існують забруднювачі води?

- Класифікація методів очищення природної води.

Протягом місяця проводиться дослідження проблеми: робота у бібліотеці, з електронними носіями інформації, в Інтернеті; дослідники пропонують проведення цікавого експерименту, план якого розробляють під керівництвом викладача. Для підготовки повідомлень про хід роботи за допомогою Microsoft Publisher видаються публікації, створюються буклети до проекту, а для оформлення результатів роботи кожної групи створюються сайти.

Завершальним етапом підготовки проекту є захист проекту, під час якого кожна група студентів має показати свою власну точку зору щодо дослідженої проблеми, аргументувати її та довести.

Фрагменти деяких студентських робіт у даному проекті наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Фрагменти деяких студентських робіт у проекті

<p>1) Вода – ти саме життя... Ти найбільше багатство в світі. Антуан де Сент Екзюпері Життя і вода, життя у воді. Вода знайома і незнайома. Автори: студенти II курсу рибогосподарсько-екологічного факультету Бережна К., Князева К., Кондратов А., Савон О.</p>	<p>2) Наші дії по проекту 1. Пошук інформації в мережі Інтернет. 2. Пошук інформації в літературі. 3. Вивчення фактів та обрання подібних. 4. Пошук відповідних ілюстрацій. 5. Оформлення.</p>
---	---

Продовження таблиці 1

<p>3) Вода знайома і незнайома. Цей сайт створено в рамках реалізації проекту «Вода знайома і незнайома. Життя і вода, життя у воді». Цей проект міжпредметний. Кожна група має своє завдання: дослідити і зібрати відомі і невідомі факти про воду, її властивості, провести хімічний аналіз води і з'ясувати питання проблеми охорони води від забруднень. Отже, вирушаємо...</p>	<p>4) Починаємо досліджувати воду з основних екологічних характеристик: вмісту розчинених сполук і зависей, температури, прозорості, кольоровості, а потім переходимо до вивчення хімічного складу води, визначення її мінералізації.</p>		
<p>5) Результати цієї роботи є:</p> <table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>Вода знайома</p> <ul style="list-style-type: none"> - за звичайних умов – рідина, тверда речовина (крепа), газ (пара, туман); - кипить при 100 °С, а замерзає при 0 °С; - не має смаку, запаху, кольору; - смак зумовлений розчиненими у ній солями. </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>Вода незнайома</p> <ul style="list-style-type: none"> - має пам'ять; - чудодійний магніт; - вода жива і «мертва»; - може бути слизькою; - може бути «сухою»; - «срібна» вода </td> </tr> </table>	<p>Вода знайома</p> <ul style="list-style-type: none"> - за звичайних умов – рідина, тверда речовина (крепа), газ (пара, туман); - кипить при 100 °С, а замерзає при 0 °С; - не має смаку, запаху, кольору; - смак зумовлений розчиненими у ній солями. 	<p>Вода незнайома</p> <ul style="list-style-type: none"> - має пам'ять; - чудодійний магніт; - вода жива і «мертва»; - може бути слизькою; - може бути «сухою»; - «срібна» вода 	<p>6) Отже вода – це насправді дивина. Працюючи над цим проектом, ми виявили, що питання про воду ніби й просте і, водночас, складне, непізнанне, цікаве.</p> <p>Вода – як жива субстанція. Має свою температуру, пам'ять, змінює форму залежно від умов, зберігає тепло.</p> <p>Також у воді, як і у живих істот, існують проблеми забруднення.</p> <p>Якби не було води, то не було б і життя на землі.</p>
<p>Вода знайома</p> <ul style="list-style-type: none"> - за звичайних умов – рідина, тверда речовина (крепа), газ (пара, туман); - кипить при 100 °С, а замерзає при 0 °С; - не має смаку, запаху, кольору; - смак зумовлений розчиненими у ній солями. 	<p>Вода незнайома</p> <ul style="list-style-type: none"> - має пам'ять; - чудодійний магніт; - вода жива і «мертва»; - може бути слизькою; - може бути «сухою»; - «срібна» вода 		

Необхідно відзначити, що підготовка колективного проекту вимагає максимальної активізації як дослідницької, так і навчальної діяльності студентів. Таким чином, особливою цінністю застосування методу проектів є сформованість навичок роботи в колективі, уміння співпрацювати заради досягнення спільної мети.

Висновки

1. Зміна ставлення до організації самостійної роботи в умовах кредитно-модульної системи навчання є закономірно зумовленою структурою.

2. Головним завданням організації самостійної роботи студентів є використання перспективних традиційних та інноваційних форм і методів навчання, зокрема методу проектів.

3. Наявність практичних результатів та можливості подальшого використання своєї роботи сприяє підвищенню мотивації вивчення біогеохімії у вищій школі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кремень В.Г. Освіта і наука України: шляхи модернізації (факти, роздуми, перспективи). – К.: Грамота, 2003. – 216 с.
2. Буряк В.К. Самостоятельная работа учащихся: книга для учителя. – М.: Просвещение, 1984. – 64 с.
3. Вураско Л.Ю. Опыт ученичества. Рекомендации по самостоятельному образованию учащихся: учебное пособие. – М.: Московская академия МВД России, издательство «УЧПЕДГИЗ», 2000. – 76 с.
4. Байденко В.М., Зантворт Дж.Ван. Новые методы и подходы к организации образовательного процесса (подход, ориентированный на цели). Доклад 2, февраль 2001. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2001. – 79 с.
5. Ушкаренко В.О., Смолієнко Н.Д., Осадчук І.В., Виноградова Т.І. Організація самостійної роботи студентів: навчальний посібник. – Херсон: Айлант, 2005. – 96 с.

Белая Т.А., Марчук Г.П. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ПРОЕКТОВ В СОВРЕМЕННОЙ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Рассматривается анализ метода проектов и его возможности относительно применения в процессе организации самостоятельной работы студентов.

Ключевые слова: метод проектов, самостоятельная работа, кредитно-модульная система, ключевые вопросы, тематические вопросы.

Belaya T.A., Marchuk G.P. APPLICATION OF PROJECTS METHOD IN MODERN PEDAGOGICAL PRACTICE

The article is devoted to the analysis of projects method and its opportunities in the process of individual students' work.

Key words: projects method, individual work, ECTS, key questions, thematic questions.

УДК 568.621.3(07)

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕГРАЦІЇ КУРСІВ ФІЗИКИ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ

Верещака М.П.,

Херсонський державний морський інститут

Фізика та безпека життєдіяльності є, відповідно, основою технічних дисциплін та безпечної діяльності людини і займають особливе місце в навчальній діяльності курсантів при їх професійній підготовці. У даній роботі пропонується для підвищення якості підготовки спеціалістів з фізики та безпеки життєдіяльності використовувати певну інтеграцію навчального матеріалу названих дисциплін.

Ключові слова: фізика, безпека життєдіяльності, інтеграція.

Вступ. Швидкий розвиток науки і техніки забезпечує впровадження у виробництво нового обладнання та нових технологічних процесів, які сприяють підвищенню продуктивності праці, а також поліпшенню її умов. Наряду з позитивним впливом науково-технічний прогрес створює і певні проблеми: підвищує вимоги до якості підготовки спеціалістів як із природничих, так і з фахових дисциплін; підвищує вимоги до вміння безпечно використовувати нове виробниче обладнання при реалізації необхідних технологічних процесів. Ці обставини зумовлюють пошук нових методичних підходів при підготовці спеціалістів у ВНЗ.

Актуальність дослідження. Фізика є основою будь якої інженерної дисципліни, а значить, і базою для професійної підготовки спеціалістів. Підвищення якості освоєння курсантами навчального матеріалу з фізики суттєво сприятиме як формуванню сучасного наукового світогляду, так і фаховій підготовці курсантів.

Один з основних принципів педагогіки констатує, що якості засвоєння знань сприяє зацікавленість. З цієї точки зору, безпека займає особливо важливе місце у свідомості кожної людини. Тому розгляд обставин, при яких фізичні явища несуть певну загрозу для здоров'я та життя людини, викликають підвищену зацікавленість і до самих фізичних явищ, що, в свою чергу, сприяє більш свідомому та міцному засвоєнню навчального матеріалу з фізики.

З іншого боку, безпека людини вдома, на відпочинку, в навчальному закладі, на виробництві і особливо в екстремальних ситуаціях у морі є фактором, який може суттєво, а то і кардинально, змінити долю людини. З метою підготувати людину до різних небезпечних ситуацій, навчити передбачати й уникати їх, а при необхідності діяти найбільш раціонально в навчальні плани шкіл та вузів введена дисципліна "Безпека життєдіяльності" [1, с. 8-21]. Вивчення цього предмета дає курсантам основи безпечної життєдіяльності, знайомить їх з основними нормативними документами,

передбаченими вимогами техніки безпеки та охорони праці на виробництві. У дійсності діяльність людини настільки різнопланова, а небезпечних факторів настільки багато, що в єдиному, обмеженому часом курсі "Безпека життєдіяльності" фізично неможливо охопити всі можливі (навіть типові) небезпечні ситуації. Відмічені обставини роблять неможливою реалізацію в повній мірі на заняттях з безпеки життєдіяльності основних принципів дидактики: наочності, свідомості, зв'язку теорії з практикою, фундаментальності, систематичності і послідовності для всіх видів діяльності людини, що негативно проявляються на формуванні навичок безпеки життєдіяльності в конкретних ситуаціях [2, с. 96-109].

Аналізуючи навчальні програми різних дисциплін, які вивчаються в вузах, ми дійшли висновку, що якість знань і сформованість навичок безпеки життєдіяльності будуть більш повними та дієвими, якщо на цих питаннях акцентувати увагу не тільки на заняттях з безпеки життєдіяльності, а і при вивченні природничих та технічних дисциплін. Саме при вивченні кожної, окремо взятої, природничої та технічної дисципліни виникають можливості в значно більшій мірі реалізувати всі дидактичні принципи, а значить сформувати міцніші та різносторонніші навички безпечної діяльності людини.

Аналіз літературних джерел показує, що методик систематичного використання названих взаємних впливів фізики та безпеки життєдіяльності для підвищення якості освоєння курсантами навчального матеріалу цих дисциплін явно недостатньо і їх розробка є актуальною.

Постановка задачі. Виходячи з наведеного, нами було поставлено мету: вивчити можливості певної інтеграції навчального матеріалу з фізики та безпеки життєдіяльності з метою підвищення якості засвоєння курсантами навчального матеріалу з цих дисциплін.

Результати досліджень. З точки зору вивчення можливостей акцентування уваги курсантів на проблеми безпеки життєдіяльності нами проведено аналіз програми та підручників з курсу фізики, які використовуються в Херсонському державному морському інституті [3, 4]. На основі аналізу, в робочу програму цього курсу та методичні рекомендації до лабораторних робіт внесено корективи двох напрямків.

Перший напрямок передбачає акцентування уваги курсантів на важливості правил техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт та безумовності в їх дотриманні. Правила техніки безпеки наведено як загальні для лабораторії фізики, так і конкретні, внесено у методичні рекомендації до кожної лабораторної роботи. Протягом усього часу вивчення курсу, при перевірці готовності курсантів до виконання лабораторних робіт, завжди звертається увага на знання кожним курсантом можливих травмонебезпечних ситуацій, способів їх уникнення та дій при їх виникненні. Така постійна увага до правил техніки безпеки і вимога безумовного їх виконання забезпечують реалізацію педагогічних принципів: свідомості, систематичності, зв'язку теорії з практикою, що сприяє формуванню у

курсантів навичок виконання цих правил. Ми вважаємо, що наявність таких навичок особливо важлива для спеціалістів морських професій, так як вони, знаходячись тривалий час у замкнутому колективі, працюють у психологічно складних умовах, а часто і фізично екстремальних ситуаціях.

Другий напрям передбачає при вивченні теоретичного і практичного матеріалу з фізики акцентування уваги курсантів на розумінні ними суті небезпечних факторів та умов їх виникнення при тому чи іншому фізичному явищі.

Так, при розгляді поняття електропровідності та електричного струму підкреслюється, що носіями заряду є не тільки електрони, а й іони в електролітах. Виходячи з цього, робиться висновок – тіло людини є провідником. Електричний опір людини в значній мірі визначається опором шкіри і залежить від його стану. При проходженні електричного струму через тіло іони клітин рухаються, що призводить до пошкодження клітин. Наслідки враження струмом залежать як від величини сили струму, так і від часу його проходження. Для зменшення вражаючої дії струму необхідно зменшити його величину та час проходження. Сила струму залежить від напруги та опору ділянки електричного кола, до якої вона підведена. Така залежність визначає способи уникнення враження струмом: установлення максимально допустимої напруги в залежності від категорії безпеки приміщення, заземлення та занулення електрифікованих пристроїв.

При вивченні змінного синусоїдного струму, який найбільш широко використовується в техніці, звертається увага курсантів на те, що стандартні напруги 220 В та 380 В є діючими значеннями, а в дійсності два рази за період миттєві значення напруг досягають, відповідно, 310В та 535В, що несе підвищену небезпеку.

Вивчаючи різні типи споживачів, також розглядаються можливі небезпечні ситуації та причини їх виникнення. Так, активний опір при проходженні електричного струму перетворює електричну енергію в теплову. Кожний активний споживач має граничну величину розсіюваної потужності. Якщо співвідношення між напругою і опором споживача перевищують певні значення, то температура споживача підніметься вище допустимої, що призведе до пошкодження ізоляції та виходу з ладу пристрою. Аналогічна ситуація можлива і при проходженні струму через індуктивний споживач, так як провід, з якого він виготовлений, також має опір і частину електричної енергії перетворює в теплову. Крім того, в індуктивностях, внаслідок явищ електромагнітної індукції, в момент виключення можливе виникнення небезпечної напруги, значно більшої, ніж напруга джерела живлення.

У ємнісних споживачах (конденсаторах), для збільшення ємності та зменшення розмірів, шар ізоляції між металевими електродами виготовляють тонким. У зв'язку з цим кожний конденсатор має максимально допустиму напругу, перевищення якої призведе до пробоя ізоляційного шару і виходу з ладу конденсатора. Особливо небезпечні в цьому плані електролітичні

конденсатори. У них при пробої ізоляційного шару відбувається закорочування електродів конденсатора і струм різко зростає. Останнє призводить до нагрівання і кипіння рідкого електроліту, в корпусі конденсатора створюється великий тиск парів електроліту і конденсатор вибухає. Звертається також увага курсантів і на те, що електролітичні конденсатори є полярними. При підключенні їх до джерела змінної напруги, навіть нижче допустимої, ізоляційний шар між електродами конденсатора в результаті електрохімічної реакції порушується і конденсатор також виходить із ладу.

При вивченні електричних кіл з послідовним з'єднанням споживачів особлива увага звертається на явище резонансу напруг, яке може виникнути при наявності в колі ємності та індуктивності. Напруги, які виникають при резонансі напруг, можуть значно перевищувати напругу джерела живлення і створювати пряму небезпеку як самим пристроям (конденсаторам та індуктивностям), так і людині. Розглядаються причини, умови та способи уникнення таких. Звертається увага курсантів і на те, що при резонансі напруг реактивні опори взаємно компенсуються і повний опір електричного кола визначається тільки величиною активного опору. Якщо активний опір кола малий, то при резонансі напруг виникають великі струми, що призводить до нагрівання і виходу з ладу елементів електричного кола.

Вивчаючи трифазні електричні кола, увага курсантів акцентується на функції нейтрального провoda. При несиметричному навантаженні і відсутності нейтрального провoda фазні напруги на споживачах можуть приймати різні значення і досягати навіть значень лінійної напруги (380В). Така напруга перевищуватиме максимально допустиму для фазного споживача і призведе до виходу його із ладу. Для уникнення таких ситуацій нейтральний провідник прокладають і в нього не включають захисних пристроїв (плавких запобіжників, автоматичних вимикачів).

При переключенні трифазних споживачів зі схеми "зірка" в схему "трикутник" фазні напруги і струми зростають у 1,73 рази, а лінійні струми і споживана потужність – у 3 рази. Цей фактор особливо уважно потрібно враховувати при виборі схеми включення трифазних споживачів та при її зміні, наприклад, при підключенні трифазних асинхронних двигунів.

Подібним чином розглядаються й інші розділи електродинаміки.

При теоретичному вивченні на лекціях матеріалу, пов'язаного з безпекою життєдіяльності, широко використовуються відповідні приклади виникнення небезпечних ситуацій у морській практиці. Після вивчення теорії, на лабораторно-практичних заняттях курсанти досліджують явища, що створюють ці ситуації експериментально. При захисті лабораторних робіт вони також обов'язково виділяють небезпечні сторони цих явищ, умови їх виникнення та способи уникнення.

Таким чином, вивчаючи фізику, курсанти з різних сторін, теоретично і практично вивчають небезпечні ситуації, які можуть виникнути при роботі з електричними пристроями. З іншого боку, аналізуючи конкретні ситуації,

пов'язані з безпекою людини, курсанти глибше вивчають фізичні явища, які їх зумовлюють.

Висновки. Розглянутий у роботі спосіб певної інтеграції курсів з фізики та безпеки життєдіяльності забезпечує більш широку реалізацію основних дидактичних принципів: зацікавленість і систематичність у навчанні, що сприяє формуванню свідомих і міцних знань як з фізики, так і з безпеки життєдіяльності.

Слід зазначити, що запропонована інтеграція навчального матеріалу з фізики та безпеки життєдіяльності не потребує значних матеріальних затрат і, на нашу думку, її можна використовувати при вивченні всіх технічних дисциплін. Саме такий підхід сприятиме підготовці курсантів як до їх професійної діяльності, так і до безпечної діяльності в житті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зацарний В.В, Мазур В.Г. Навчальна програма нормативної дисципліни «Безпека життєдіяльності» [для вищих закладів освіти]. – К.: Охорона праці, 1999. – 21 с.
2. Педагогика: учебное пособие / Под ред. Б.П. Ёсипова. – М.: Просвещение, 1997. – 414 с.
3. Загальний курс фізики / Кучерук І.М. та ін. – Т.3: Електрика і магнетизм. – К.: Техніка, 2006. – 452 с.
4. Курс фізики: навчальний підручник / [Зачек І.Р. та ін.]. – Львів: Бескид Біт, 2002. – 376 с.

Верещака М.П. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРАЦИИ КУРСОВ ФИЗИКИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ

Физика и безопасность жизнедеятельности являются, соответственно, основой технических дисциплин и безопасной деятельности человека, а также занимают особенное место в учебной деятельности курсантов при их профессиональной подготовке. В настоящей работе предлагается, для повышения качества подготовки специалистов по физике и безопасности жизнедеятельности, использовать определённую интеграцию учебного материала названных дисциплин.

Ключевые слова: физика, безопасность жизнедеятельности, интеграция.

Vereshchaka M.P. USE OF INTEGRATION OF COURSES OF PHYSICS AND SAFETY OF VITAL FUNCTIONS FOR UPGRADING PREPARATION OF SPECIALISTS

Physics and safety of vital functions is, accordingly, and occupy the special place basis of technical disciplines and safe activity of man in educational activity of students at their professional preparation. In this work it is suggested for upgrading preparation of specialists from a physicist and safety of vital functions to use certain integration of a teaching material of these disciplines.

Key words: physics, safety of vital functions, integration.

УДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИКЛАДАННЯ ФАХОВИХ ДИСЦИПЛІН У МОРСЬКИХ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

*Завальнюк О.П., Нестеренко В.Б.,
Херсонський державний морський інститут*

Стаття стосується проблем оптимізації вивчення фахових дисциплін у морських вищих навчальних закладах. Проаналізовано навчальні плани підготовки бакалавра з напрямку 6.070104 «Морський та річковий транспорт» за спеціалізацією «Судноводіння» різних навчальних років. Підкреслено особливу важливість викладання дисципліни «Вступ до спеціальності» на першому курсі підготовки бакалавра даного напрямку. Стаття являє особливий інтерес для фахівців морської освіти.

Ключові слова: освіта, зміст освіти, навчальний план, морський фах.

Вступ. Професія моряка завжди була охоплена ореолом романтики та загадковості. Але за цим завжди стояло і стоїть наполегливе щоденне навчання, невпинна цілодобова праця, багаторічний досвід роботи у морі.

Корабельні і морські науки [1], що заклали основи майже всіх точних і природничих наук на Землі, на даний час задовольняються лише розширенням горизонту непізнаного, знов і знов усвідомлюючи значущість «хорошої морської практики» при перебуванні у морі, проектуванні нових кораблів, при прокладці нових морських маршрутів тощо.

Актуальність досліджень. На сучасному етапі бурхливого розвитку науки і техніки якісно підготувати майбутнього фахівця-судноводія – це складна та багатопланова задача. Специфіка морського фаху полягає у тому, що курсант морського вищого навчального закладу за весь період свого навчання має досконало оволодіти певною професійною термінологією, досить великою за обсягом інформацією з тієї чи іншої навчальної дисципліни, освоїти безліч спеціальних виробничих прийомів та операцій. Має місце і різноплановість знань. Кожна невивчена тема, поняття чи явище може згодом обернутися втраченими життями у морі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Освіта [2], як одна з основних категорій педагогіки, передбачає процес і результат засвоєння системи знань, вироблення умінь та навичок, що забезпечують, зрештою, певний рівень розвитку пізнавальних потреб та здатностей людини, а також її підготовки до того чи іншого виду практичної діяльності.

Змістом сучасної вищої освіти [3] є науково обґрунтована система дидактично та методично оформленого навчального матеріалу для різних освітніх і освітньо-кваліфікаційних рівнів. Зміст освіти визначається освітньо-професійною програмою підготовки, структурно-логічною схемою підготовки, навчальним планом, навчальними програмами дисциплін, іншими нормативними актами органів державного управління освітою та

вищого закладу освіти і відображається у відповідних підручниках, навчальних посібниках, методичних матеріалах, дидактичних засобах.

Спираючись на зміст освіти, у морських вищих навчальних закладах активно впроваджуються інноваційні технології навчання, що складаються з аудіовізуальних та інтерактивних технологій. У сучасному світі [4] освітнім закладам уже складно обійтися без розвиненого комплексу технічних засобів, які допомагають вирішити безліч педагогічних завдань й організувати навчальний процес на високому методичному рівні. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення спеціальної дисципліни – один із варіантів використання нових технологій у системі освітнього процесу. Комплекс [5] формується на основі навчального плану підготовки морського фахівця в електронному форматі на носіях, а також розміщується у комп'ютерній мережі Інтернет. Комплекс є інтегрованим матеріалом з певної дисципліни, що поєднує у собі функції навчання і контролю знань, дозволяє курсанту упевнено орієнтуватися в навчальному матеріалі, продуктивно засвоювати навички самостійної роботи при вивченні предмету, успішно складати іспити та заліки. Дана технологія є початковим матеріалом для самостійного вивчення дисципліни курсантом. Інтерактивний комплекс призначений, перш за все, для дистанційного навчання плавскладу суден, що знаходяться у морі, коли обсяг самостійної роботи значний.

Постановка задачі. Дослідити основні аспекти оптимізації вивчення фахових дисциплін у морських вищих навчальних закладах.

Результати досліджень. Незважаючи на теперішню популярність інноваційних освітніх технологій, у систему освіти вони впроваджуються досить повільно, перш за все, через брак фінансування ВНЗ. Проблема якісного, фундаментального засвоєння морських фахових дисциплін наразі представляє особливий інтерес. Але ж більшість курсантів-першокурсників, як показує досвід, готові сприймати нову, цікаву і таємничу, поки що, для них фахову інформацію, як «губка». Насправді ж вони вимушені вивчати, дисципліни, що трохи «набили оскомину» ще зі шкільної лави. Причому автори тут, ні в якому разі, не зменшують цінність таких дисциплін при підготовці справжнього фахівця морської галузі.

Складність ситуації полягає ще й у тому, що морська освіта України регламентується не тільки національними, але й міжнародними керуючими документами, Міжнародною Конвенцією з підготовки та дипломування моряків і несення вахти. Навчально-програмні питання представлені в модельних курсах Міжнародної морської організації. Обсяг матеріалу, що вивчається майбутніми моряками, значно розширюється за рахунок вимог до фахових знань морських Конвенцій, Кодів, Правил (СОЛАС, МАРПОЛ, МППСС) тощо.

Аналізуючи навчальні плани підготовки бакалавра з напрямку 6.070104 «Морський та річковий транспорт» (спеціалізація «Судноводіння») різних навчальних років, можна прослідити постійне стабільне зростання загального обсягу академічних годин, відведених на вивчення фахових дисциплін. На

рисунку 1 зображено рівень накопичення фахових знань з часом. Як видно з діаграми, побудованої для навчального плану 2007 року (рис. 1, а), максимальна кількість годин спеціалізованих предметів є на IV курсі. Майже в 17 разів більше, порівняно з I курсом. А це викликає труднощі чи, взагалі, неможливість якісного сприйняття специфічної фахової термінології, явищ, процесів тощо за такий короткий проміжок часу. Разом з цим, недостатній обсяг годин, відведених на вивчення спеціальних дисциплін на I, II, III курсах, спричиняє певні складності у курсантів під час проходження ними плавальної практики.

Урахувавши всі негативні наслідки підготовки курсантів за таким навчальним планом, а також спираючись на відповідний новий галузевий стандарт вищої освіти України від 12.04.2010 року, деканат факультету судноводіння разом із навчальним відділом Херсонського державного морського інституту визнав доцільним при розробці навчального плану 2010 року здійснити рівномірний розподіл (у межах можливого) загального обсягу годин спеціалізованих курсів, з метою зняття «фахової напруги» на останньому – IV курсі. Діаграма, зображена на рисунку 1, б яскраво відображає результати проведеної роботи. Тепер загальний обсяг годин спеціалізованих дисциплін на четвертому курсі тільки у 4 рази більший, ніж на першому.

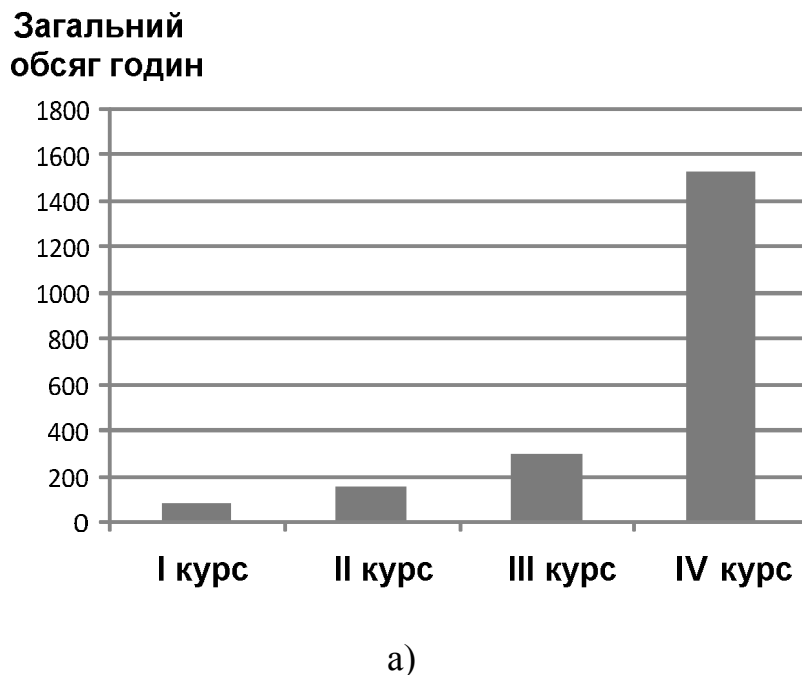
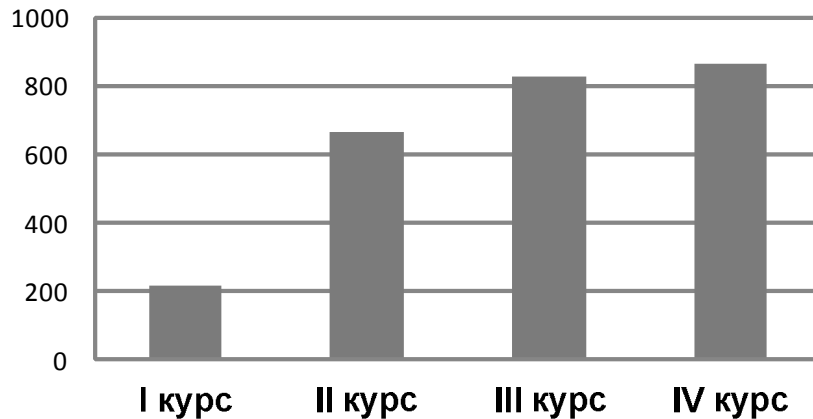


Рисунок 1 – Діаграми накопичення фахових знань з часом
а) – за навчальним планом 2007 року

**Загальний
обсяг годин**



б)

Продовження рисунку 1 – Діаграми накопичення фахових знань з часом
б) – за навчальним планом 2010 року

З метою використання та підсилення свіжого інтересу «нових» курсантів до обраної морської професії, поступового та легкого засвоєння, у подальшому, фахових дисциплін, ще з 2007-2008 навчального року навчально-методичним відділом Херсонського державного морського інституту разом з фахівцями випускової кафедри судноводіння, охорони праці та навколишнього середовища у навчальний план підготовки судноводіїв на I курсі першого семестру було запроваджено дисципліну «Вступ до спеціальності». На рисунку 2 зображений невеличкий фрагмент структурно-логічної схеми підготовки бакалавра з напрямку 6.070104 «Морський та річковий транспорт» за спеціалізацією «Судноводіння», з якого видно тісний зв'язок курсу «Вступ до спеціальності» з наступними фаховими курсами: «Теорія та будова судна», «Міжнародні морські конвенції», «Метеорологія і океанографія», «Навігація та лоція», «Управління судном». Наведений перелік дисциплін – це лише невелика частка навчального плану – їх значно більше, а «Вступ до спеціальності» закладає «фундамент» кожної з них. Описана структурно-логічна схема представляє собою «дерево знань», у якому «коренем» є курс «Вступ до спеціальності», а «гілками» – численні фахові дисципліни.

Тут варто зазначити ще один важливий аспект, а саме: особливість викладання англійської мови (за професійним спрямуванням) у Херсонському державному морському інституті, що сприяє паралельному засвоєнню основної фахової термінології англійською мовою, яка є міжнародною мовою спілкування та мовою ділових паперів і технічної літератури у морській галузі.

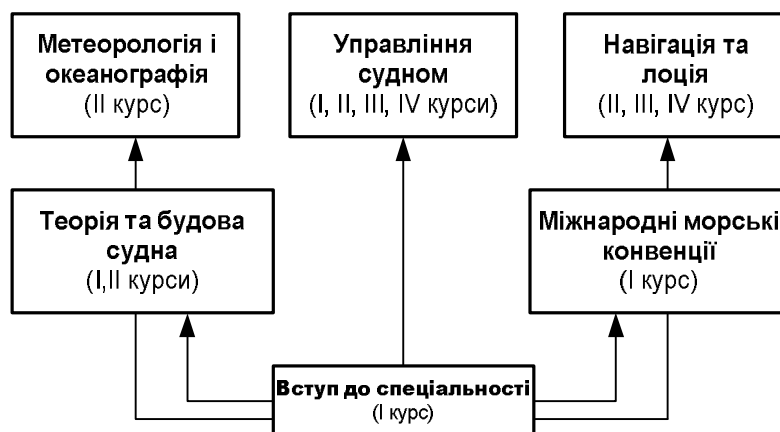


Рисунок 2 – Фрагмент структурно-логічної схеми підготовки бакалавра з напрямку 6.070104 Морський та річковий транспорт (спеціалізація «Судноводіння»)

Досвід викладання дисципліни «Вступ до спеціальності» показує, що знання з фаху, отримані курсантами на першому курсі, найліпше засвоюються та активно ними використовуються і на наступних курсах – при вивченні спеціальних предметів, під час проходження плавальної практики. Дисципліна «Вступ до спеціальності» має невеликий загальний обсяг – всього 36 годин (1 кредит ECTS), з яких 18 годин – аудиторні (лекційні заняття). Автори вважають за потрібне подвоїти обсяг курсу та відповідно збільшити і аудиторні години (з розподілом на лекційні та практичні заняття). Крім того, лекційні заняття обов'язково має проводити людина, яка була б не тільки досвідченим фахівцем морської галузі, але й мала відповідні психологічні та педагогічні якості.

Висновки

1. Досліджено основні аспекти оптимізації вивчення фахових дисциплін у морських вищих навчальних закладах.
2. Проаналізовано навчальні плани підготовки бакалавра з напрямку 6.070104 «Морський та річковий транспорт» за спеціалізацією «Судноводіння» різних навчальних років.
3. Обґрунтована доцільність рівномірного розподілу фахових дисциплін за курсами при розробці навчальних планів.
4. Підкреслено особливу важливість викладання дисципліни «Вступ до спеціальності» на першому курсі підготовки бакалавра даного напрямку.
5. Визначено, що кількість аудиторних годин (з розподілом на лекційні та практичні заняття) при вивченні дисципліни «Вступ до спеціальності» має бути збільшена, принаймні, вдвічі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Храмушин В.Н., Антоненко С.В. История штормовой мореходности от древности до наших дней. По материалам поисковых и научно-исследовательских работ: Калининград, 1975 – Владивосток – Санкт-

Петербург – Сахалин, 2003. – Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное издательство, 2004. – 288 с.

2. Большая Советская энциклопедия. – Том 19. – М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1975. – 647 с.

3. Болюбаш Я.Я. Організація навчального процесу у вищих закладах освіти: навчальний посібник для слухачів закладів підвищення кваліфікації системи вищої освіти. – К.: ВВП «КОМПАС», 1997. – 64 с.

4. Новітні технології навчання: наук.-метод. збірка. – К.: Інтас, 2003. – 248 с.

5. Сучасні освітні технології у підготовці майбутніх фахівців: матеріали міжнарод. наук.-практич. конференції. – Львів, 2002. – 352 с.

6. Міжнародна Конвенція з підготовки та дипломування моряків і несення вахти – 78/95.

Завальнюк О.П., Нестеренко В.Б. АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН В МОРСКИХ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

Статья касается проблем оптимизации изучения профессиональных дисциплин в морских высших учебных заведениях. Проанализированы учебные планы подготовки бакалавра направления 6.070104 «Морской и речной транспорт» специализации «Судовождение» разных учебных годов. Подчеркивается особая важность преподавания дисциплины «Введение в специальность» на первом курсе подготовки бакалавра данного направления. Статья представляет особый интерес для специалистов морского образования.

Ключевые слова: образование, содержание образования, учебный план, морская специальность.

Zavalnyuk O.P., Nesterenko V.B. ASPECTS OF OPTIMIZATION OF STUDY OF PROFESSIONAL DISCIPLINES IN MARINE HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS

The article deals with problems of optimization of study of professional disciplines in marine higher educational establishments. The curriculum of preparation of bachelor of direction 6.070104 the «Marine and river transport» of specialization «Navigation» of different academic years are analyzed. Of the particular importance is teaching of discipline «Introduction to specialty» at the first course of preparation of bachelor in this direction is stressed. The article presents particular interest for the specialists of marine education.

Key words: education, content of education, curriculum, marine speciality.

УДК 004:378.147:656.6

СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ КУРСАНТІВ НА ПРИКЛАДІ КУРСУ СФЕРИЧНОЇ ТРИГОНОМЕТРІЇ

*Кравцова Л.В., Камінська Н.Г., Пуляєва Г.В.,
Херсонський державний морський інститут*

Основна мета комп'ютеризації процесу навчання – це підвищення ефективності цього процесу. Одним із головних показників ефективності є якість освоєння матеріалу, що можна досягнути за допомогою сучасних програмних засобів. У роботі представлена комплексна навчальна система (КНС), на підставі якої розроблено навчальну систему курсу «Сферична тригонометрія».

На конкретному прикладі показані можливості використання електронних таблиць Excel для підвищення ефективності навчання.

Ключові слова: комплексна навчальна система, комп'ютеризація, ефективність навчання.

Вступ. Використання сучасних комп'ютерних технологій у навчальному процесі є однією з основних задач національної програми інформатизації освіти. Зокрема, це стосується впровадження комп'ютерних засобів навчання при викладанні будь-якої дисципліни. Тому створення програмно-методичного комплексу дисципліни є важливим кроком на шляху вдосконалення системи підготовки фахівця.

Актуальність дослідження. Саме по собі використання комп'ютера як друкарської машинки та швидкого калькулятора ще не забезпечує достатній рівень впровадження сучасних технічних засобів у навчальний процес, але якщо підходити до цієї проблеми творчо, то можна отримати й кращі результати. Допомогти курсанту у вивченні будь-якої дисципліни може комплексний підхід до навчання, метою якого буде підвищення ефективності засвоєння матеріалу, що може бути забезпечено логічною взаємодією фундаментальних дисциплін. Тому розробка та створення навчальної системи з відповідного курсу є дуже актуальним питанням, якщо викладач є зацікавленим у результатах своєї праці та має досвід спілкування з комп'ютером.

У своїй доповіді «Педагогічні проблеми впровадження автоматизованого середовища навчання при підготовці фахівців морського флоту» на науковій конференції «Сучасні наукоємні технології» О.Н. Касьянов казав: «Нові можливості засобів-носіїв визначають нові інформаційні технології у якості принципово нового та міцного засобу пізнання, ... але класична підготовка курсантів у морських навчальних закладах відстає від сучасних вимог» [1]. Основна мета комп'ютеризації процесу навчання – це підвищення ефективності цього процесу. Одним з головних показників ефективності є якість освоєння матеріалу, що можна досягнути за допомогою сучасних програмних засобів. Звісно, на даний час

вже існує багато різноманітних прикладних програм, які розроблені програмістами-професіоналами, зокрема системи підтримки навчання, візуалізації матеріалу, контролю знань [2]. Це можуть бути як програми загального типу, у яких пропонується наповнення відповідним змістом, так її спеціалізовані пакети з окремих дисциплін. Але у кожного досвідченого викладача є свій погляд на те, як треба представити матеріал, як його закріпити практикою, які форми та методи контролю використовувати. Створити свій комплекс з дисципліни відповідно до особистого погляду – це достатньо просто для професіонального викладача.

Виклад основного матеріалу. Обмеження аудиторного часу, наданого у відповідності з навчальним планом на вивчення конкретної дисципліни, не дає викладачеві можливості зупинитися на деталях розглянутих подій, процесів, явищ. Часто навіть відведений на дисципліну час не використовується з максимальною віддачею. До того ж слід врахувати, що у студента при виконанні практичних розрахункових робіт не завжди є під рукою потрібний теоретичний матеріал, що містить необхідну інформацію. Крім того, виконання робіт зі спецдисциплін, як правило, супроводжується великою кількістю рутинних розрахунків, що відволікає увагу від суті досліджуваного процесу. І нарешті, візуалізація досліджуваного процесу, що підтверджує принцип «краще один раз побачити...», сприяє правильному розумінню самого процесу і результатів розрахунків, а отже, в кінцевому підсумку, підвищенню рівня підготовки фахівця. Таким чином, якщо нашим пріоритетом є підвищення якості освіти, ми неминуче приходимо до необхідності створення комплексних навчальних систем (КНС).

Пропонуємо систему, яку може використовувати викладач будь-якої дисципліни, та розглянемо її на прикладі курсу сферичної тригонометрії. Знання сферичної тригонометрії є основними при розв'язанні практичних задач морської астрономії, задач судноводіння та геодезії. Курсанти та кадети МК ХДМІ знайомляться з цією темою на предметах «Сферична тригонометрія», «МОС (Математичні основи судноводіння)», «Морська астрономія».

Методичні вимоги та особливості КНС. Навчальна система обов'язково містить теоретичний матеріал і завдання для практичного виконання за темами дисципліни, що вивчаються. У процесі виконання практичних завдань за фізичною моделлю будується математична модель, що представляє собою ряд розрахункових формул у відповідності з характеристиками і властивостями досліджуваного явища чи процесу. Як інструмент розрахунку, доцільно використовувати електронні таблиці Excel, що є доступною прикладною програмою для будь-якого користувача, тому одним з необхідних елементів запропонованої навчальної системи є пакет розрахунків в Excel. Отримані в Excel результати розрахунків безпосередньо пов'язані з ще одним елементом системи – Flash-модулем, який наочно відображає залежність результатів від вхідних параметрів. Нарешті, останній етап підготовки за допомогою КНС – перевірка отриманих знань

тестуванням, наприклад, на базі MyTest 3, яка безкоштовно пропонується всім бажаючим.

Об'єднуючи всі елементи вивчення тієї чи іншої дисципліни, можна розглянути таку структуру КНС, на підставі якої розроблено навчальну систему курсу «Сферична тригонометрія».

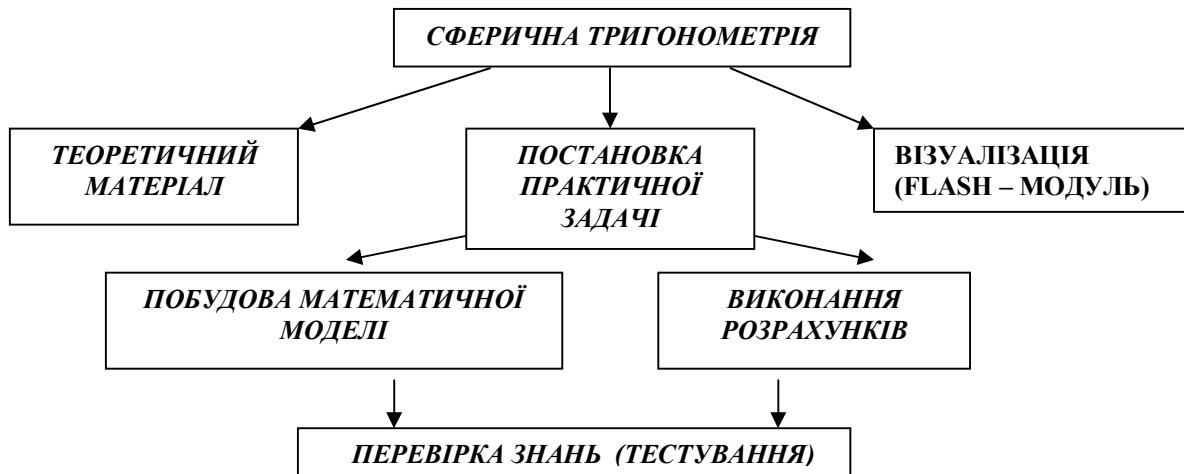


Рисунок 1 – Комплексна навчальна система «Сферична тригонометрія»

Реалізувати цю структуру досить просто, використовуючи навіть Power Point. Достатньо на слайді, на якому перераховані ці елементи КНС, зробити гіперпосилання на відповідні документи, і курсант зможе самостійно пройти всі кроки підготовки з даної теми. Звісно, викладач повинен ретельно підготувати як теоретичний матеріал, так і практичну реалізацію прикладу.

Розроблений таким чином комплекс дозволяє представити теоретичні відомості, практичні розрахунки та візуалізацію результатів як єдине ціле.

Як вже було означено, будуємо КНС «Сферична тригонометрія». Основним об'єктом вивчення є сферичний трикутник, а тому при виконанні вправ курсанти формують понятійний апарат, вчать розпізнавати типи сферичних трикутників, виводити співвідношення між його елементами та використовувати їх для розв'язання сферичних трикутників, а потім застосовують одержані знання при розв'язанні практичних задач. Методика вивчення сферичної тригонометрії будується на таких засадах [3]:

- охоплення всіх найтипівіших задач;
- достатня кількість однотипних задач та обов'язкова перевірка одержаних результатів;
- прикладна спрямованість.

Основний акцент у розв'язанні задач треба приділити розумінню суті задачі, алгоритму її розв'язання, тому, враховуючи можливості електронних таблиць Excel, які є доступними кожному курсанту, пропонуємо методику розв'язання вказаних типів задач, а саме – проведення розрахунків за допомогою сучасних комп'ютерних технологій.

Будь-який сферичний трикутник складається з трьох сторін (a, b, c) та трьох кутів (A, B, C), які в задачах найчастіше задаються градусною мірою. Розв'язати сферичний трикутник – це означає за відомими трьома параметрами знайти інші його елементи.

Першим кроком розв'язання задачі є визначення типу. Усі задачі умовно діляться на шість типів, у залежності від комбінації параметрів трикутника в умові.

Далі треба зробити перевірку, чи задовольняють вхідні дані умовам існування сферичного трикутника, виконати безпосереднє обчислення за формулами та зробити перевірку одержаних значень.

Розглянемо один з типів задач на розв'язання сферичного трикутника.

Задача.

Розв'язати трикутник, якщо задано три його сторони:

$$a = 72^{\circ}41', \quad b = 69^{\circ}54', \quad c = 39^{\circ}54'.$$

Розв'язання.

Відповідно до умови задачі необхідно знайти кути цього трикутника A, B, C .

Наступний аркуш Excel достатньо повно відображує всі етапи розв'язку цієї задачі.

1. Перевірка умов існування сферичного трикутника.
2. Переведення хвилин у градуси.
3. Переведення градусної міри кутів у радіанну.
4. Використання розрахункових формул сферичної тригонометрії для знаходження кутів A, B і C (тому треба обчислити складові формул):

$$\cos A = \frac{\cos a - \cos b \cdot \cos c}{\sin b \cdot \sin c}, \tag{1}$$

$$\cos B = \frac{\cos b - \cos a \cdot \cos c}{\sin a \cdot \sin c}, \tag{2}$$

$$\cos C = \frac{\cos c - \cos a \cdot \cos b}{\sin a \cdot \sin b}. \tag{3}$$

5. Використання зворотних тригонометричних функцій для отримання значення кутів у радіанах.

6. Переведення радіанної міри вимірення кутів у градусну.

Відповідь: кути сферичного трикутника є

$$A = 58^{\circ}57', \quad B = 99^{\circ}30', \quad C = 48^{\circ}15'$$

Перевагою пропонованого методу є те, що для розв'язання інших задач цього типу достатньо тільки ввести необхідні дані, в чарунки B2, C2, E2, F2, H2 та I2, тобто значення сторін сферичного трикутника, які задовольняють умовам існування сферичного трикутника, як мігтево у чарунках B18, C18, E18, F18, H18 та I18 з'являться результати обчислень, тобто значення кутів трикутника у необхідній формі.

Читач помітить, що на скриншоті (рис. 2) аркуші електронної книги мають назву: (a, b, c), (A, B, C), (A, B, c), (B, C, a), (A, C, b), тобто на кожному з аркушів вже прописані алгоритми розв'язання відповідних типів задач.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		град.	хв.		град.	хв.		град.	хв.
2	a	72	41	b	69	54	c	39	54
3	Переведення в градуси								
4	a	72,6833333		b	69,9		c	39,9000	
5	Переведення в радіани								
6	a	1,26856348		b	1,21999		c	0,696386	
7									
8	cos(a)	0,29765259		sin(a)	0,95467				
9	cos(b)	0,34365969		sin(b)	0,93909				
10	cos(c)	0,76716515		sin(c)	0,64145				
11	Значення косинусів кутів трикутника								
12	cosA	0,05645731		cosB	0,1883		cos C	0,741609	
13	Значення кутів трикутника в радіанах								
14	A	1,51430898		B	1,38136		C	0,735331	
15	Значення кутів трикутника в градусах								
16	A	86,7635135		B	79,1463		C	42,13135	
17		град.	хв.		град.	хв.		град.	хв.
18	A	86	46	B	79	9	C	42	8

Рисунок 2 – Етапи розв'язання задачі зі сферичної тригонометрії

Таким чином, показано, як електронні таблиці Excel дозволяють уникнути громіздких обчислень та використовувати пропонований алгоритм для розв'язання будь-якого типу задач.

Маючи підготовлений лекційний матеріал, розрахунки в Excel, Flash-модуль побудови сферичного трикутника за результатами розрахунків та заповнену систему тестувань MyTest у вигляді окремих файлів, зібраних у папку, досить просто підготувати КНС, використовуючи програму створення презентацій Power Point. На слайді презентації Power Point представлено, як

за допомогою гіперпосилань можна звернутися до будь-якого розділу КНС (рис. 3).

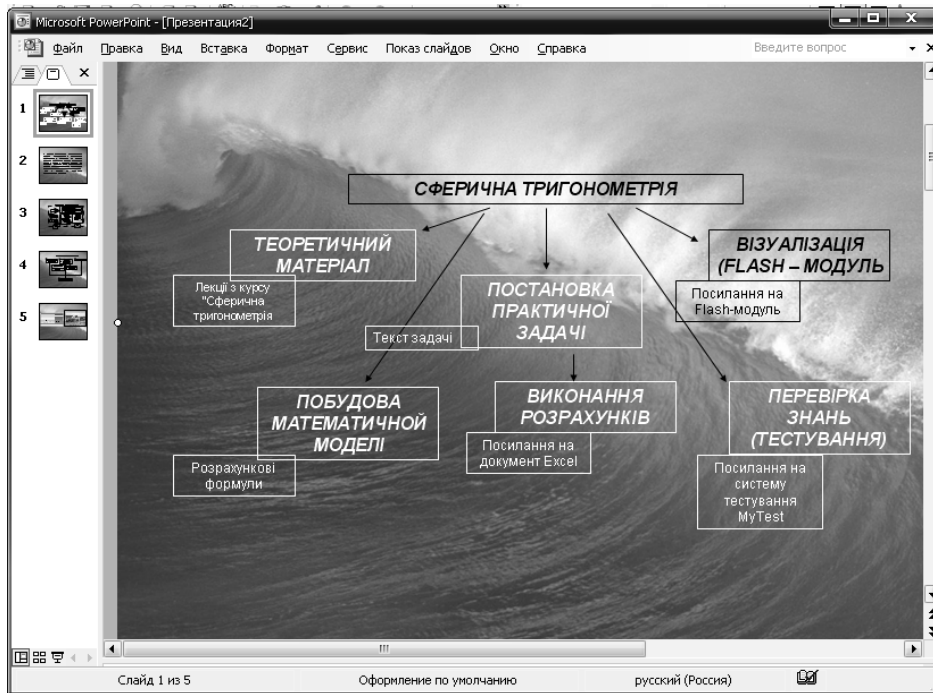


Рисунок 3 – Слайд презентації Power Point з курсу «Сферична тригонометрія»

Висновки. У роботі представлена комплексна навчальна система (КНС), на підставі якої розроблено навчальну систему курсу «Сферична тригонометрія». На конкретному прикладі представлені можливості використання електронних таблиць Excel для підвищення ефективності навчання. Практична значущість розробленого комплексу очевидна. Кожен викладач може створити свій комплекс з дисципліни так, як він бачить методику викладання цієї дисципліни. Варто лише витратити трохи часу, щоб надалі значно покращити продуктивність заняття.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <http://mytest.klyaksa.net/wiki/>.
2. Касьянов О.Н. Педагогичні проблеми впровадження автоматизованого середовища навчання при підготовці фахівців морського флоту: матеріали наукової конференції [«Сучасні наукоємні технології»]. – Севастополь, 2010.
3. Кранц П. Сферическая тригонометрия / Под ред. Я.Н. Шпильрейна; пер. с нем. – [2-е изд.]. – М.: Изд. ЛКИ, 2007. – 96 с.
4. Лопатко О.В. Математичні методи в розрахунках на ЕОМ: навчальний посібник. – Львів: «Магнолія плюс», 2005. – 200 с.

Кравцова Л.В., Каминская Н.Г., Пуляева Г.В. СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ КУРСАНТОВ НА ПРИМЕРЕ КУРСА СФЕРИЧЕСКОЙ ТРИГОНОМЕТРИИ

Основной целью компьютеризации процесса обучения является повышение его эффективности, одним из главных показателей которой считается качество усвоения материала. В данной работе представлена комплексная обучающая система (КОС), которая позволяет не только усовершенствовать процесс обучения, но и контролировать уровень подготовки курсанта (студента). На конкретном примере разработана обучающая система курса «Сферическая тригонометрия», а также показаны возможности использования электронных таблиц Excel для повышения эффективности обучения.

Ключевые слова: комплексная обучающая система (КОС), компьютеризация, эффективность обучения.

Kravtsova L.V., Kaminskaya N.G., Pulyaeva G.V. CREATION OF COMPLEX TEACHING SYSTEM TO INCREASE THE QUALITY OF CADETS' TRAINING FOLLOWING THE EXAMPLE OF THE COURSE OF SPHERICAL TRIGONOMETRY

The main goal of the computerization in the teaching process is to increase its effectiveness, which results in the quality of knowledge perception. This paper presents a comprehensive training system (CTS), which allows not only to improve the learning process, but also to control the level of students' training. As a sample a new training system course "Spherical trigonometry" was developed, and new options for using Excel spreadsheets to enhance learning were presented.

Key words: comprehensive training system (CTS), computerization, эффективность обучения.

УДК 37.013.44

**РОЛЬ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ФОРМУВАННІ
ПРИРОДНИЧО-НАУКОВОЇ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ ГРАМОТНОСТІ
ПРИ ВИКЛАДАННІ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ СТУДЕНТАМ
НЕМАТЕМАТИЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ**

Лисенко В.І.,

Херсонський державний морський інститут

У статті розкрито складові компоненти вміння застосовувати одержані знання при розв'язанні задач міжпредметного характеру та задач, пов'язаних із життєвими ситуаціями (на прикладі теми «ПОХІДНА ФУНКЦІЯ»).

Ключові слова: природничо-наукова грамотність, математична грамотність, провідні прийоми навчальної дисципліни, міжпредметні зв'язки.

Вступ. Останнім часом існує підвищений інтерес до проблем якості освіти в усьому світі. Держави об'єднують зусилля в розробці підходів до оцінки та управління якістю освіти. Це пов'язано з тим, що в сучасному світі знання змінюються швидше, ніж змінюються покоління. І хоча знання стають дедалі доступнішими, здатність приймати рішення, діяти на основі одержаних знань залишається проблематичним. Не підлягає сумніву постійно зростаюча роль природничо-математичних дисциплін у розвитку суспільства. У зв'язку з цим особливого значення набувають проблеми, пов'язані з розробкою механізмів, які дозволяють забезпечити оволодіння певним набором способів діяльності, за наявності яких можна визначати рівень сформованості природничо-наукової та математичної грамотності, а значить уміння використовувати свої знання в різноманітних життєвих ситуаціях. Важливу роль у вирішенні вказаних проблем відіграють міжпредметні зв'язки.

Мета статті полягає у розкритті суті понять природничо-наукової і математичної грамотності та ролі міжпредметних зв'язків у забезпеченні системного засвоєння знань.

Основна частина. Світова педагогічна спільнота стурбована тим, що значна кількість учнів різних вікових груп не оволодіває провідними способами навчальної діяльності. У результаті дискусій науковці і викладачі-практики дійшли висновку, що провідні способи діяльності характеризуються тим, що вони:

- дозволяють розв'язувати складні (неалгоритмічні) задачі;
- поліфункціональні (дозволяють розв'язувати різні задачі з однієї сфери діяльності);
- можуть бути перенесені на різні сфери діяльності;
- складні за будовою і для реалізації вимагають сформованості цілого набору прийомів діяльності (співробітництва, аргументації, планування тощо) та прийомів розумової діяльності (як загальних, так і специфічних);
- реалізуються на різних рівнях (від елементарного до глибокого).

Коротко зупинимось на розкритті суті структурних компонентів діяльності викладача по забезпеченню системного підходу до засвоєння понять і навчальної діяльності студентів по оволодінню набором (пакетом) способів діяльності по відношенню до використання понять (на прикладі поняття похідної).

Планувати, прогнозувати й отримувати результати навчання, виховання і розвитку викладач зможе за умови чіткої уяви про перелік здібностей, сформованість яких забезпечує оволодіння матеріалом на певному рівні.

Поділяючи точку зору авторів міжнародної програми PISA [6], наведемо перелік здібностей, за наявності яких можна визначати рівень сформованості природничо-наукової та математичної грамотності, а значить і умінь застосовувати набуті знання при розв'язуванні задач міжпредметного характеру та задач, пов'язаних з життєвими ситуаціями.

Так, **природничо-наукова грамотність** включає сформованість таких здібностей (прийомів навчальної діяльності):

- 1) використовувати природничо-наукові знання при розв'язанні проблем, пов'язаних з життєвими ситуаціями;
- 2) виявляти питання, на які можна відповісти, використовуючи природничо-наукові знання;
- 3) робити висновки на основі одержаних даних тощо.

Математична грамотність включає сформованість таких здібностей:

- 1) розпізнавати проблеми, що виникають у навколишній діяльності, які можуть бути розв'язані засобами математики;
- 2) формулювати ці проблеми на мові математики (*складати їх математичні моделі*);
- 3) розв'язувати проблеми, використовуючи математичні знання і методи;
- 4) здійснювати інтерпретацію одержаних результатів з урахуванням поставленої проблеми;
- 5) формулювати та записувати остаточні результати розв'язання поставленої проблеми [6].

Відомо, що результати навчання, виховання чи розвитку у значній мірі залежать від вмiлого використання викладачем досягнень психології, дидактики та методик викладання конкретних дисциплін. З цієї точки зору заслуговують на увагу дослідження науковців І. Зверева, В. Максимової [3], В. Бермана [1], Г. Цибульської [5], В. Шарко та інші з проблеми міжпредметних зв'язків (міжпредметного підходу до навчання). І. Зверев і В. Максимова розглядали міжпредметний підхід до навчання як умову підвищення його результативності. Поділяючи точку зору В. Бермана, Г. Цибульської щодо принципів і дидактичних умов ефективної реалізації міжпредметного підходу до навчання, нагадаємо, чим повинен керуватись викладач, приступаючи до формування складових компонентів науково-природничої та математичної грамотності. А саме:

1) урахувати хронологічну послідовність вивчення розділів, де знаходять застосування знання з інших дисциплін (ретроспективні зв'язки; паралельне вивчення чи перспективні зв'язки);

2) урахувати, на якому рівні студенти повинні засвоїти відповідні прийоми при розв'язанні задач міжпредметного характеру (на рівні відтворення; на рівні застосування за зразком; на рівні творчого застосування);

3) усвідомлювати, який рівень пізнавальної самостійності слід виховувати (інформаційно-репродуктивний, евристичний чи дослідницький);

4) розробляти диференційовані завдання з урахуванням хронологічності вивчення, рівня засвоєння відповідних прийомів та рівня пізнавальної самостійності.

Зауважимо, що в методиках викладання природничо-наукових дисциплін розглядають два підходи до реалізації диференційованого навчання. А саме:

1) добірка завдань міжпредметного характеру різної складності;

2) диференціація допомоги, яку пропонує викладач при розв'язанні завдань.

Зауваження. Ураховуючи реальний рівень підготовки студентів, доцільно здійснювати диференційований підхід до навчання. Це означає, що слід планувати всі рівні засвоєння і всі рівні пізнавальної самостійності, що зобов'язує викладача робити добірки завдань для кожної підгрупи студентів та готувати відповідне методичне забезпечення.

Розкриємо можливі шляхи формування складових компонентів природничо-наукової та математичної грамотності студентів (курсантів) у процесі викладання вищої математики на основі міжпредметних зв'язків (на прикладі поняття похідної).

Загально визнаним є той факт, що **поняття є однією з форм мислення. У цьому розумінні воно виступає як знаряддя пізнання.**

Щоб поняття дійсно стало знаряддям пізнання, необхідно усвідомлення певної системи знань про нього (суттєвих властивостей поняття, вказаних у його визначенні; оволодіння спеціальною системою дій над поняттями (підведення під поняття; вибір необхідних і достатніх умов для розпізнавання об'єктів; виведення наслідків із належності чи неналежності об'єкта до поняття; усвідомлення взаємозв'язків між поняттями деякої системи понять).

Одним із важливих понять математики є поняття похідної, за її допомогою можна характеризувати швидкість зміни функції, швидкість перебігу процесів, явищ. Щоб це поняття стало «робочим», необхідно всебічно розкрити його зміст. Для цього слід належну увагу приділити задачам, що приводять до поняття похідної [4]. Зупинимось на деяких з них.

Фізичний зміст похідної.

1). Задача про швидкість нерівномірного прямолінійного руху.

Якщо точка рухається за законом $S=S(t)$, то **швидкість матеріальної точки в момент t – це похідна від пройденого шляху $S(t)$ за часом t .**

$$V(t) = S^1(t), \quad (1)$$

Похідну $S^1(t_0)$ називають швидкістю матеріальної точки в момент часу t_0 .

$$S^1(t_0) = V(t_0). \quad (1^1)$$

Використовуючи фізичний зміст похідної, можна охарактеризувати різні процеси, що відбуваються у природі.

2). *Задача про швидкість хімічної реакції.*

Швидкість хімічної реакції – це похідна від кількості речовини $m(t)$, що вступила в реакцію, за часом t .

$$v = m^1(t). \quad (2)$$

3). *Задача про швидкість зростання популяції.*

Швидкість зростання популяції – це похідна її чисельності $p = p(t)$ за часом t .

$$v = p^1(t). \quad (3)$$

4). *Задача про швидкість зростання чисельності населення.*

Швидкість зростання чисельності населення є похідною її кількості $N = N(t)$ за часом t .

$$V = N^1(t). \quad (4)$$

5). *Задача про лінійну густину неоднорідного стержня.*

Лінійна густина неоднорідного стержня – це похідна від маси $m(x)$ за довжиною x .

$$\rho = m^1(x). \quad (5)$$

6). *Задача про силу змінного струму.*

Сила змінного струму $I = I(t)$ є похідною від заряду, що пройшов через поперечний переріз провідника $q = q(t)$ за часом t .

$$I = q^1(t). \quad (6)$$

7). *Задача про теплоємність.*

Теплоємність c тіла є похідна від кількості теплоти $w(\tau)$, переданої тілу, за температурою τ .

$$c = w^1(\tau). \quad (7)$$

Геометричний зміст похідної.

8). *Задача про дотичну до кривої.*

Похідна від функції $y = f(x)$ в даній точці $M_0(x_0, y_0)$ дорівнює тангенсу кута між додатним напрямом осі Ox і дотичною до графіка цієї функції у заданій точці.

$$f'(x_0) = \operatorname{tg} a. \quad (8)$$

Економічний зміст похідної.

9). *Задача про продуктивність праці.*

Нехай функція $u = u(t)$ виражає кількість виробленої продукції u за час t . Похідна від обсягу виробленої продукції за часом є продуктивність z праці.

$$z = u'(t). \quad (9)$$

У практиці економічних досліджень широке застосування одержали виробничі функції, які використовують для встановлення залежності, наприклад, випуску продукції від витрат ресурсів, витрат виробництва від обсягу продукції, витрат від проданого товару тощо. У припущенні диференційованості виробничих функцій важливе значення мають їхні характеристики, пов'язані з поняттям похідної. Розглянемо деякі виробничі функції.

1). Нехай $K=K(x)$ – функція витрат виробництва, що залежить від кількості продукції x .

Похідну від функції витрат виробництва за кількістю x продукції називають *граничними витратами виробництва*.

$$c = K'(x). \quad (10)$$

Граничні витрати виробництва збігаються зі швидкістю зміни витрат виробництва. Величина $K'(x)$ характеризує наближено додаткові витрати на виробництво одиниці додаткової продукції.

2). Нехай $U(x)$ – *виторг від продажу x одиниць товару*. Граничним *виторгом* називається границя

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta U(x)}{\Delta x} = U'(x). \quad (11)$$

3). Нехай *виробнича функція* $y = f(x)$ встановлює залежність випуску продукції y від витрат ресурсу x .

Граничним *продуктом* називається границя

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta f(x)}{\Delta x} = f'(x). \quad (12)$$

Еластичність.

Нехай задана функція $y=f(x)$. Прирости Δx і Δy називаються *абсолютними приростами аргумента і функції* відповідно, а $\frac{\Delta x}{x}$ і $\frac{\Delta y}{y}$ відносними приростами змінних. *Еластичністю функції $y = f(x)$ по змінній*

x називається границя відношення відносного приросту $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ функції до відносного приросту аргументу $\frac{\Delta x}{x}$ при умові, що абсолютний приріст аргументу Δx прямує до нуля. Позначають

$$E_x(y) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta y}{y} : \frac{\Delta x}{x} \right) = \frac{x}{y} \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{x}{y} y'_x. \quad (13)$$

Еластичність $E_x(y)$ показує наближено, на скільки відсотків зміниться значення функції $y=f(x)$ у разі зміни незалежної змінної x на 1% (з x до $0,01x$).

Формулу (13) можна записати інакше:

$$E_x(y) = \frac{x}{y} y'_x = y'_x \div \frac{y}{x}, \quad (13^1)$$

де $\frac{x}{y}$ – середнє значення виробництва. Тобто, еластичність функції $y=f(x)$ дорівнює відношенню граничного виробництва ресурсу до його середнього значення виробництва.

Якщо ввести поняття темпу зміни функції $T_y = \frac{y'_x}{y} \cdot x$, то $E_x(y) = x T_y$.

Тобто, еластичність функції дорівнює добутку незалежної змінної x на темп зміни функції T_y .

Поняття еластичності знаходить широке застосування в економічному аналізі.

1. Якщо $E_x(f(x)) < 1$, то функція називається нееластичною (відносний її приріст спадає).

2. Якщо $E_x(f(x)) > 1$, то функція називається еластичною (відносний її приріст зростає).

Наведені приклади показують, що похідна будь-якої функції характеризує швидкість її зміни.

Розкриємо можливі варіанти організації діяльності студентів у процесі вивчення теми «Похідна функції та її застосування».

На заняттях з вищої математики особливу увагу слід приділити засвоєнню суттєвих властивостей, вказаних в означенні похідної функції $y=f(x)$ в точці:

1) функція $y=f(x)$ визначена в заданій точці x та деякому її околі;

2) існує скінченна границя відношення приросту функції $\Delta f(x)$ в цій

точці до приросту аргументу Δx при $\Delta x \rightarrow 0$, $\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta f(x)}{\Delta x} = f'(x)$.

Перевірити засвоєння цих властивостей дозволяє така система запитань.

Чи правильними є такі твердження? Відповідь обґрунтувати.

1. Якщо функція f неперервна в точці x_0 , то вона має похідну в цій точці.

(Відповідь: ні, (рис. 1, а, при $x=0$).

2. Кожна функція має похідну на всій області свого визначення (Відповідь: ні, (рис 1, а, при $x=0$).

3. Якщо функція диференційована в точці, то вона в цій точці неперервна.

(Відповідь: так).

4. Якщо функція визначена в точці, то вона неперервна у деякому околі цієї точки.

(Відповідь: ні, (рис. 1, б).

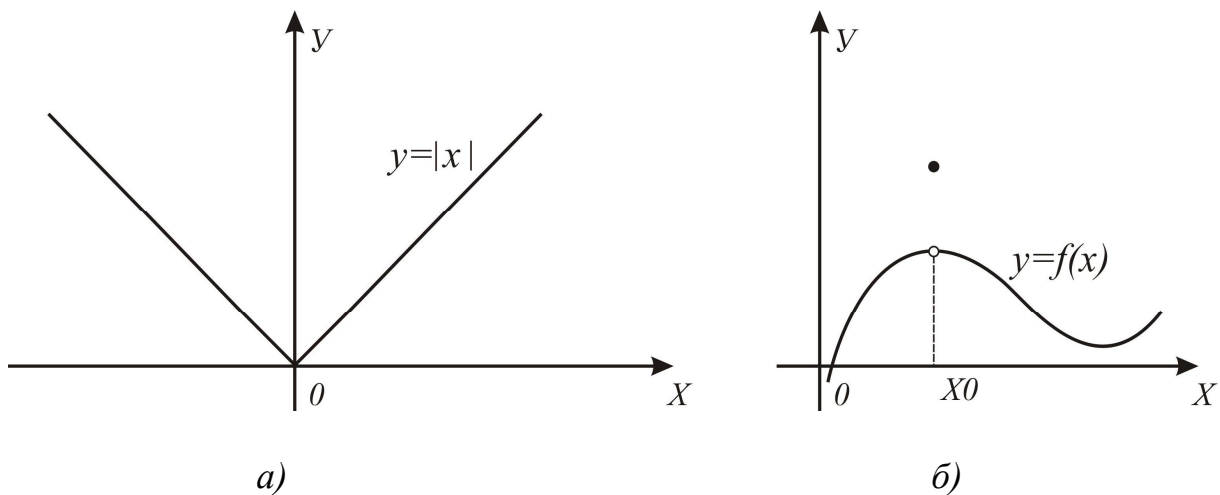


Рисунок 1 – Приклади графіків функцій

Такі вправи спрямовані на формування прийомів **підведення під поняття та виведення наслідків з належності об'єкта до даного поняття**.

Викладач, плануючи диференційований підхід при вивченні даної теми, повинен передбачати 3 рівні засвоєння (на рівні відтворення, застосування за зразком та творчого застосування). Корисним буде запропонувати (в якості диференційованої допомоги) графіки функцій, які спростовують істинність твердження (рис. 1).

Примітка. Вміння аналітично доводити істинність тверджень або наводити свої приклади для їх спростування свідчить про засвоєння матеріалу на рівні творчого застосування.

З метою формування умінь переносити набуті знання в нові ситуації, доцільно на заняттях з вищої математики пропонувати вправи міжпредметного характеру.

Наприклад:

1. Кінематичні рівняння руху двох матеріальних точок мають вид

$$x_1 = A_1 + B_1 t + C_1 t^2 \quad \text{і} \quad x_2 = A_2 + B_2 t + C_2 t^2,$$

де $B_1 = B_2$, $C_1 = -2 \text{ м/с}^2$, $C_2 = 1 \text{ м/с}^2$.

Визначити момент часу, для якого швидкості цих точок будуть однакові.

2. Кінематичні рівняння руху двох матеріальних точок мають вид

$$x_1 = 20 + 2t + 4t^2, \quad x_2 = 2 + 2t + 0,5t^2.$$

У який момент часу t швидкості цих точок будуть однакові? Визначити швидкості та прискорення точок у цей момент.

3. Нехай функція $K(x) = 40x - x^2/40$ встановлює залежність витрат виробництва від кількості x продукції, що випускається. Знайти граничні витрати і коефіцієнт еластичності, якщо обсяг продукції складає 200 одиниць; 40 одиниць.

З метою реалізації диференційованого підходу до навчання, доцільно сформулювати план розв'язання задачі, яким можуть скористатись студенти, що не можуть самостійно відповісти на поставлені запитання.

План розв'язання задачі.

1. Пригадати визначення граничних витрат виробництва.
2. Записати формулу для обчислення граничних витрат виробництва.
3. Обчислити граничні витрати виробництва при відповідних обсягах продукції.

Зробити висновок про швидкість зростання витрат на випуск продукції залежно від її обсягу.

4. Виходячи з умови задачі, записати формулу для обчислення коефіцієнта еластичності.

5. Обчислити коефіцієнти еластичності для відповідних обсягів продукції. Зробити висновок.

Зауваження. Деякі з задач, що приводять до поняття похідної, доцільно розглядати не під час введення поняття похідної, а при розв'язанні задач міжпредметного характеру.

Розв'язування задач такого типу сприяє формуванню умінь використовувати набуті знання в різноманітних життєвих ситуаціях.

До **провідних прийомів навчальної діяльності** належать уміння подавати одну й ту саму інформацію у різних формах (словесно, графічно, за допомогою рівнянь, нерівностей та їх систем (аналітично)), переходити від однієї форми подання інформації до іншої, уміння «вичитувати» інформацію з графіків, схем, таблиць тощо. Корисними при цьому є вправи, розв'язання яких здійснюється на основі засвоєння фізичного та геометричного змісту похідної. Наведемо зразки таких завдань.

1. Залежність від часу t координати матеріальної точки $x(t)$ виражається квадратною функцією. Встановити:

а) який вигляд матиме графік швидкості цієї точки (навести приклади інтерпретацій)?

б) як інтерпретуються на графіку швидкості точки екстремуму функції $x(t)$?

в) на яких проміжках області визначення функції $x(t)$ виконуються нерівності $v(t) < 0$ ($v(t) > 0$)?

г) чи може графік швидкості руху даної матеріальної точки бути кривою?

д) побудувати графік швидкості $v(t)$, (прискорення $a(t)$), якщо $(t) = t^2 + 5t - 6$.

Свідоме використання математичного апарату при вивченні інших дисциплін залежить від того, чи передують вивчення його в курсі вищої математики розгляду відповідних питань в інших дисциплінах, чи запізнюється.

Більш ефективному врахуванню хронологічної послідовності вивчення, наприклад, вищої математики та фізики сприяє складання таблиць виду:

№ з/п	Тема з фізики	Час її вивчення	Поняття і методи вищої математики, що використовуються	Час їх вивчення

Наявність таких таблиць допоможе координувати роботу викладачів вищої математики та фізики з проблеми здійснення міжпредметного підходу у викладанні цих дисциплін.

Щоб допомогти курсантам (студентам) свідомо використовувати математичний апарат при вивченні курсу фізики, якщо в курсі вищої математики його будуть вивчати пізніше, доцільно надавати їм відповідні довідкові матеріали з тих розділів вищої математики, математичний апарат яких вони будуть застосовувати. Наприклад, при вивченні «Кінематики», «Динаміки» та іншого у курсі фізики, де широко використовується векторна алгебра, доцільно запропонувати такі довідкові матеріали, наявність яких допоможе засвоїти прийоми використання векторної алгебри на рівні застосування за зразком (табл. 1, 2).

Висновки та пропозиції

1. Поетапному формуванню елементів природничо-наукової та математичної грамотності, оволодінню прийомами навчальної діяльності сприяє спеціально складена система завдань.

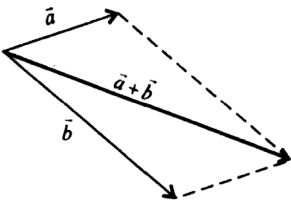
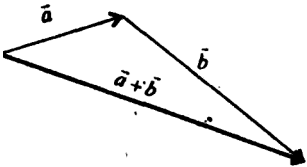
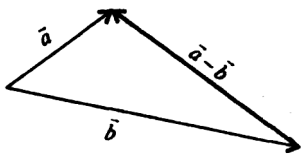
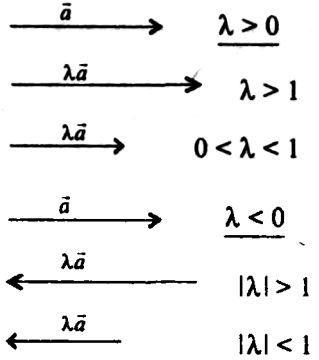
2. Оволодінню провідними способами діяльності, формуванню умінь застосовувати набуті знання при вивченні інших дисциплін та розв'язувати задачі, пов'язані з життєвими ситуаціями, допомагає використання міжпредметного підходу до навчання.

3. Підвищенню ефективності здійснення міжпредметних зв'язків, зокрема використанню математичного апарату при вивченні курсу фізики у

ВНЗ, можна було б за умови внесення змін у навчальні плани, згідно з якими вивчення курсу фізики віднести у 2-4 семестри, а вищої математики у 1-3.

4. Перспективами подальшої розробки проблеми є, перш за все, відповідна підготовка викладача у ВНЗ, створення методичного забезпечення та умов цілеспрямованого формування провідних способів навчальної діяльності.

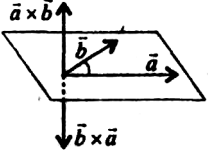
Таблиця 1 – Приклади застосування векторної алгебри

Назва операції	Лінійні операції з векторами, заданими:	
	геометрично	у координатній формі
Додавання векторів \vec{a} і \vec{b}	<p><u>Правило паралелограма</u></p> 	$\vec{a} + \vec{b} = (x_1; y_1; z_1) + (x_2; y_2; z_2) = (x_1 + x_2; y_1 + y_2; z_1 + z_2)$
	<p><u>Правило трикутника</u></p> 	
Віднімання векторів \vec{a} і \vec{b}		$\vec{a} - \vec{b} = (x_1; y_1; z_1) - (x_2; y_2; z_2) = (x_1 - x_2; y_1 - y_2; z_1 - z_2)$
Множення вектора \vec{a} на число λ .		$\lambda_1 \vec{a} = \lambda(x_1; y_1; z_1) = (\lambda x_1; \lambda y_1; \lambda z_1)$

<i>Обчислення геометричних величин</i>		
Назва величини	Вектори, задані геометрично	Вектори, задані в координатній формі
Довжина вектора \vec{a} ($\vec{a} = (x_1; y_1; z_1)$)	$|\vec{a}| = \sqrt{(\vec{a}, \vec{a})} = \sqrt{a^2}$	$|\vec{a}| = \sqrt{(x_1^2 + y_1^2 + z_1^2)}$
<i>Обчислення геометричних величин</i>		
Назва величини	Вектори, задані геометрично	Вектори, задані в координатній формі
Напрямні косинуси вектора \vec{a} ($\vec{a} = (x_1; y_1; z_1)$)	$\cos \alpha = \frac{(\vec{a}, \vec{i})}{|\vec{a}|},$ $\cos \beta = \frac{(\vec{a}, \vec{j})}{|\vec{a}|},$ $\cos \gamma = \frac{(\vec{a}, \vec{k})}{|\vec{a}|},$ <p>($\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$)</p>	$\cos \alpha = \frac{x_1}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2}},$ $\cos \beta = \frac{y_1}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2}},$ $\cos \gamma = \frac{z_1}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2}},$

Таблиця 2 – Приклади застосування векторної алгебри

1. Основні види добутків векторів			
$\vec{a} = (x_1, y_1, z_1); \vec{b} = (x_2, y_2, z_2); \vec{c} = (x_3, y_3, z_3).$			
Назва і позначення	Вектори, задані геометрично	Вектори, задані в координатній формі	Обчислення геометричних величин
Скалярний добуток \vec{a} і \vec{b} позначають (\vec{a}, \vec{b}) $\vec{a} \cdot \vec{b}$	$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos(\widehat{(\vec{a}, \vec{b})})$ або $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \text{np}_{\vec{a}} \vec{b}$	$\vec{a} \cdot \vec{b} = x_1 x_2 + y_1 y_2 + z_1 z_2$	$\cos(\widehat{(\vec{a}, \vec{b})}) = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|} =$ $= \frac{x_1 x_2 + y_1 y_2 + z_1 z_2}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2} \sqrt{x_2^2 + y_2^2}}$

<p>Векторний добуток $\vec{a} \times \vec{b}$: позначають $\vec{c} = [\vec{a}, \vec{b}] = \vec{a} \times \vec{b}$</p>	<p>1. $\vec{c} \perp \vec{a}, \vec{c} \perp \vec{b}$. 2. $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ - права трійка. \wedge 3. $|\vec{c}| = |\vec{a}||\vec{b}|\sin(\angle(\vec{a}, \vec{b}))$</p> 	$\vec{a} \times \vec{b} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \end{vmatrix}$ <p>або</p> $\vec{a} \times \vec{b} = \begin{vmatrix} y_1 & z_1 \\ y_2 & z_2 \end{vmatrix} \vec{i} - \begin{vmatrix} x_1 & z_1 \\ x_2 & z_2 \end{vmatrix} \vec{j} + \begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \end{vmatrix} \vec{k}$	<p>Площа паралелограма $ABCD$ $S_{ABCD} = |\vec{a} \times \vec{b}|$, де $\vec{a} = \vec{AB}$; $\vec{b} = \vec{AC}$;</p> $S_{ABC} = \frac{1}{2} \sqrt{\begin{vmatrix} y_1 & z_1 \\ y_2 & z_2 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} x_1 & z_1 \\ x_2 & z_2 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \end{vmatrix}^2}$
<p>1. Основні види добутків векторів $\vec{a} = (x_1, y_1, z_1); \vec{b} = (x_2, y_2, z_2); \vec{c} = (x_3, y_3, z_3)$.</p>			
<p>Мішаний добуток векторів $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ позначають $(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c} = abc$</p>	$\vec{a} \vec{b} \vec{c} = (\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c}$	$\vec{a} \vec{b} \vec{c} = \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{vmatrix}$	$V_{npr} = \frac{1}{6} \text{mod}(\vec{a} \vec{b} \vec{c})$ <p>де $\vec{a} = \vec{AB}; \vec{b} = \vec{AC}; \vec{c} = \vec{AS}$.</p> $V_{npr} = \frac{1}{6} \text{mod} \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{vmatrix}$ $V_{nap} = \text{mod}(\vec{a} \vec{b} \vec{c})$ <p>де $\vec{a} = \vec{AB};$ $\vec{b} = \vec{AD}; \vec{c} = \vec{AA_1}$.</p> $V_{nap} = \text{mod} \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{vmatrix}$

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Берман В.П. Совершенствование обучения математике в среднем профтехучилище на межпредметной основе: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук. – Киев, 1984.
2. Дюженкова Л.І., Дюженкова О.Ю., Михалін Г.О. Вища математика. Приклади і задачі: посібник. – К.: Видавничий центр «Академія», 2003. – 624 с.
3. Зверев И.Д. Межпредметные связи в современной школе / И.Д. Зверев, Н. Максимова. – М.: Педагогика, 1981. – 160 с.
4. Клепко В.Ю., Голець В.Л. Вища математика в прикладах і задачах: навчальний посібник. – 2-е вид., перероблене та доповнене. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 600 с.

5. Цыбульская Г.Н. Связь обучения математике с производительным трудом в средних профтехучилищах: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук. – Киев, 1982.
6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.centeroko.ru.

Лысенко В.И. РОЛЬ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ СИСТЕМОГО УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ ПО ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ

В статье раскрыты составляющие компоненты умения применять полученные знания при решении задач межпредметного характера и задач, связанных с жизненными ситуациями (на примере темы «ПРОИЗВОДНАЯ ФУНКЦИИ»).

Ключевые слова: естественно-научная грамотность, математическая грамотность, ведущие приёмы учебной дисциплины, межпредметные связи.

Lysenko V. THE ROLE OF INTERDISCIPLINARY CONNECTIONS TO PROVIDE A SYSTEM OF LEARNING IN HIGHER MATHEMATIC

The article shows the component parts skills to apply this knowledge in solving problems of interdisciplinary nature and challenges of life situations (for example, the theme of «derivative»).

Key words: natural and scientific knowledge ability, mathematical literacy, leading methods of educational discipline, interdisciplinary connections.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ МЛАДШЕГО СПЕЦИАЛИСТА ТЕХНИКА-ЭЛЕКТРИКА

Попенко Т.В.,

*Херсонский политехнический колледж
Одесского национального политехнического университета*

Информатизация и индивидуализация образования диктует необходимость в формировании автоматизированных систем управления обучением. Одним из основных этапов при построении системы управления является формализация цели управления. В статье обобщены результаты экспертных исследований и формализованы требования к младшему специалисту технику-электрику в разрезе компетентностного подхода.

Ключевые слова: профессиональные компетенции, формализация, управление, образовательный процесс.

Постановка проблемы. Современные информационные технологии позволяют создавать автоматизированные системы обучения и управления образовательным процессом. Яркими примерами таких систем являются Interbook, CALAT, ELM-ART, MANIC. Однако в существующих обучающих системах имеется еще большое количество не решенных проблем. В частности: строго структурированное содержание программы курса; фиксированные цели обучения.

Сегодня ведется активная работа по созданию и внедрению адаптивных обучающих сред, которые включают в себя огромные объемы учебной информации, средства контроля и диагностики, подсистемы адаптации под конкретного пользователя. В таких системах основным направлением повышения качества обучения является совершенствование систем тестирования и оценивания. Но проблемы индивидуализации обучения, которая реализуется кредитно-модульной технологией и качества подготовки выпускников, которые диктует новая парадигма образования компетентностный подход, не решены.

В работе [1] предложена функциональная модель автоматизированной системы обучения, в основу которой положена двухконтурная схема структурной адаптации (рис. 1), разработанная Л.А. Растригиным.

Управление, построенное по такой схеме, отражает иерархический характер обучения. Два контура управления работают в разных временных режимах. На верхнем уровне производится управление структурой W , а на нижнем – управление параметрами C . множество допустимых управлений определяется как произведение множеств допустимых структур E_W и параметров E_{CW} E_{CW} этих структур.

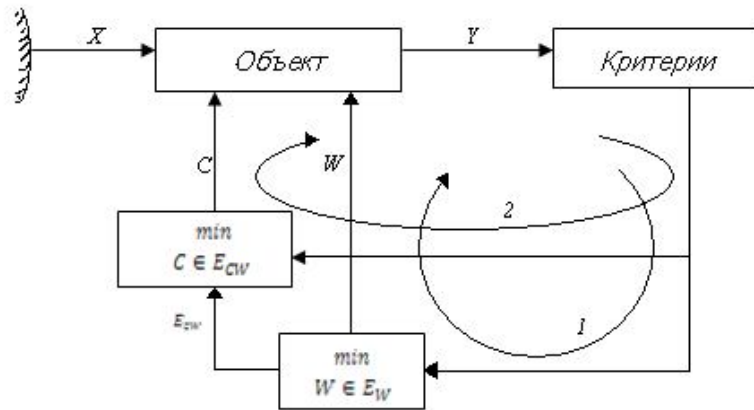


Рисунок 1 – Двухконтурная схема структурной адаптации

Для синтеза системы управления необходимо сформировать четкие требования к цели управления. В контексте данного исследования целью управления является качество подготовки выпускников. Приоритетным направлением в совершенствовании качества образования является компетентный подход. Поэтому разработка и исследование модели профессиональных компетенций выпускника является актуальной задачей.

Целью работы является обобщение исследований, проведенных экспертными методами и формализация профессиональных компетенций выпускника.

Основные результаты работы. Качество профессиональной подготовки современного младшего специалиста целесообразно оценивать путем сопоставления качеств выпускника и модели компетенций специалиста данного профиля.

Профессиональные компетенции – это готовность и способность целесообразно действовать в соответствии с требованиями дела, методически организованно и самостоятельно решать задачи и проблемы, а также самооценивать результаты своей деятельности [2].

Формирование модели профессиональных компетенций выпускника рассматривается на примере младших специалистов специальности «Монтаж и эксплуатация электрооборудования предприятий и гражданских сооружений».

Младшие специалисты специальности «Монтаж и эксплуатация электрооборудования предприятий и гражданских сооружений» готовятся для профессиональной деятельности в отрасли монтажа, эксплуатации и ремонта электрического оборудования предприятий, электрических сетей гражданских сооружений. Они могут занимать должности техника-электрика, энергетика, лаборанта, мастера по электрооборудованию на электрических станциях и предприятиях, в проектных, ремонтных и организациях, занимающихся наладкой электрооборудования. Виды профессиональной деятельности техника-электрика и обобщенные

формулировки решаемых задач в зависимости от занимаемой должности можно разделить на следующие категории, представленные на рисунке 2.

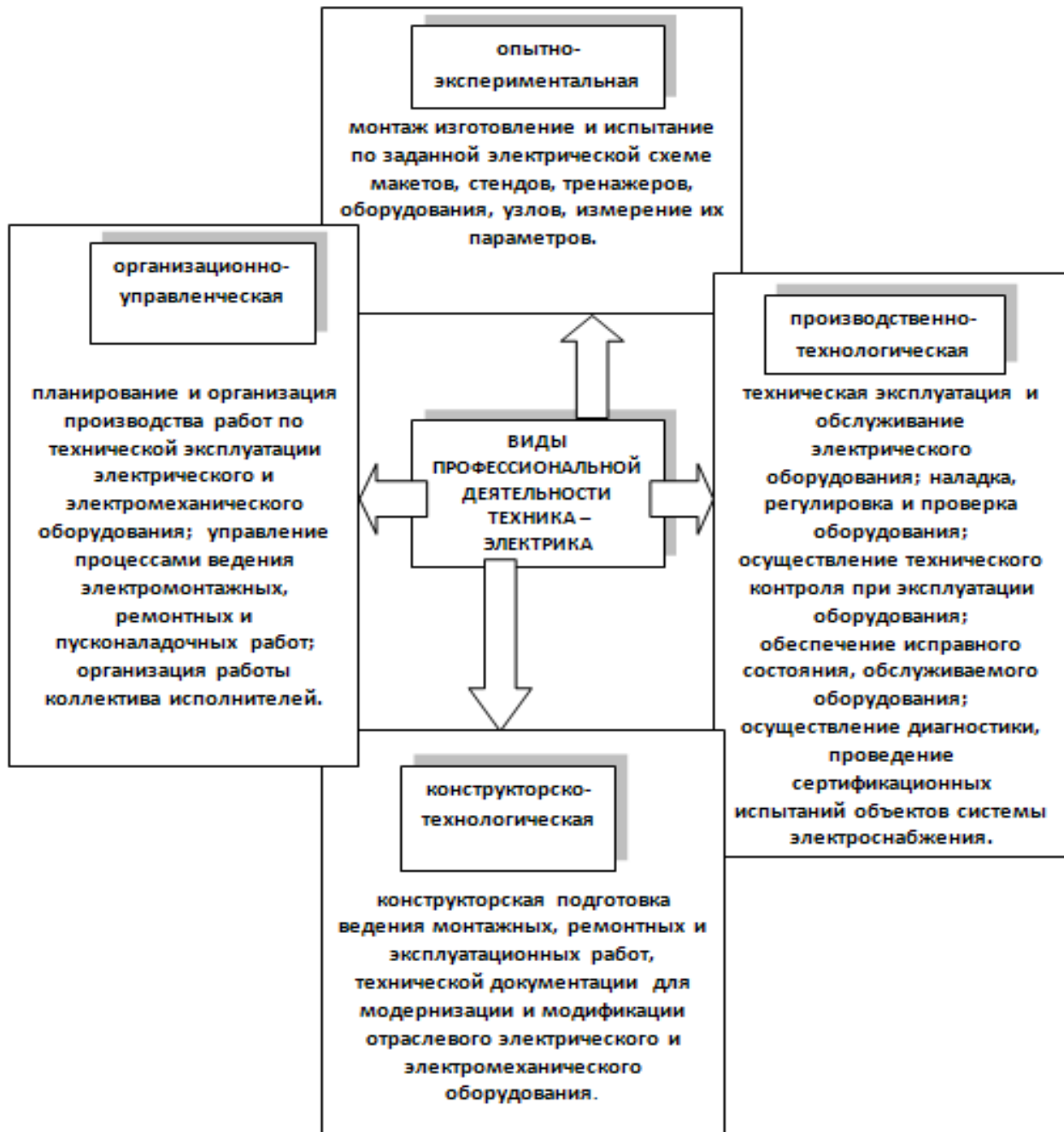


Рисунок 2 – Категории профессиональной деятельности техника-электрика

Анализ стандарта специальности, должностных инструкций и анкетирование работодателей, рекомендации экспертов, отзывы выпускников позволили выделить набор профессиональных компетенций техника-электрика. Распределив профессиональные компетенции в соответствии с классификационным рядом, который предложен в публикациях [3-5], получим модель компетенций выпускника (табл. 1).

Таблица 1 – Модель профессиональных компетенций младшего специалиста техника-электрика

1	Организационно-управленческие
1.1	Демонстрирует базовые знания правовых и юридических нормативных документов социальной направленности;
1.2	Способен организовывать работу и координировать действия работников подразделения (участка);
1.3	Способен выстраивать и реализовывать перспективные линии профессионального саморазвития и самосовершенствования
1.4	Демонстрирует готовность к письменной и устной коммуникации на родном языке; владеет приемами делового общения;
1.5	Демонстрирует базовые знания иностранного языка в сфере профессиональной деятельности;
2	Экономические
2.1	Демонстрирует базовые знания основных понятий и экономических законов;
2.2	Владеет принятыми методиками технико-экономических расчетов;
2.3	Способен контролировать и анализировать основные параметры электроэнергии для выявления оптимального режима экономичной эксплуатации электрооборудования и освещения;
2.4	Демонстрирует готовность к научной организации труда.
3	Общенаучные
3.1	Демонстрирует базовые знания фундаментальных разделов естественных наук;
3.2	Демонстрирует навыки работы со специальной литературой и проектной документацией;
3.3	Демонстрирует способности к анализу и синтезу явлений и процессов;
3.4	Способен формализовать внешние явления и процессы, которые непосредственно связаны с профессиональной деятельностью;
3.5	Способен самостоятельно ставить исследовательские задачи, в соответствии с профилем деятельности.
4	Общепрофессиональные
4.1	Способен использовать специализированные знания фундаментальных разделов естественных наук в соответствии с профилизацией;
4.2	Демонстрирует знание устройства основных типов электрооборудования, и измерительных приборов, а также физических законов и явлений, положенных в основу их работы;
4.3	Демонстрирует базовые знания по электробезопасности и охране труда;

Продолжение таблицы 1

4.4	Демонстрирует базовые знания по оформлению технической и технологической документации в соответствии с требованиями ЕСКД и ЕСТД;
4.5	Способен использовать компьютерные технологии, применяемые в сфере профессиональной деятельности;
4.6	Способен анализировать и синтезировать различные типы электрических схем с целью оптимизации работы электрооборудования;
4.7	Демонстрирует способности внедрять инновационные технологии.
5	Специальные
5.1	Способен, используя техническую документацию, выполнять монтаж электрооборудования;
5.2	Демонстрирует готовность к эксплуатации, обслуживанию и наладке электрооборудования;
5.3	Способен осуществлять контроль и диагностику, проводить сертификационные испытания объектов системы электроснабжения;
5.4	Способен осуществлять пусконаладочные и ремонтные работы электротехнического и электромеханического оборудования;
5.5	Способен планировать и организовывать работы по эксплуатации электрического и электромеханического оборудования;
5.6	Демонстрирует способность решать проектно-конструкторские задачи на выполнение электромонтажных работ;
5.7	Способен проводить контроль состояния мер электробезопасности на объекте.

Обобщенная формализация модели профессиональных компетенций представляется в виде выражения

$$W^{проф}(x) \subset W_{оу}(x), W_{э}(x), W_{он}(x)W_{пр}(x)W_{сп}(x),$$

где $W^{проф}$ – множество профессиональных компетенций выпускника;
 $W_{оу}$ – множество организационно-управленческих компетенций;
 $W_{э}$ – множество экономических компетенций;
 $W_{он}$ – множество общенаучных компетенций;
 $W_{пр}$ – множество общепрофессиональных компетенций;
 $W_{сп}$ – множество специальных компетенций.

Формирование эталонной модели выпускника в виде перечня множеств его профессиональных компетенций позволит проводить оценку

соответствия структуры компетенций выпускника эталонной модели, а также формировать индивидуальные образовательные программы в зависимости от текущего состояния структуры компетенций обучаемого. Исходными данными для экспертной оценки могут являться результаты тестирования обучаемых, анализ структуры и содержания выполненных по специальности курсовых и дипломных проектов, оценка практических навыков, полученных в результате прохождения учебных практик.

Выводы. Разработка и внедрение автоматизированных систем обучения и управления образовательным процессом являются одними из основных направлений повышения качества и индивидуализации образования. Важным этапом при разработке автоматизированных систем является формализация цели управления. Формализация цели управления в виде перечня множеств профессиональных компетенций позволит проводить оценку состояния структуры компетенций, однако для оценки качества подготовки выпускников необходимо разработать критерии оценки и выбрать шкалу оценивания, для определения уровня сформированности каждой группы профессиональных компетенций, что является следующим этапом исследований.

Оценка состояния профессиональных компетенций на различных этапах обучения позволит формировать адекватные управляющие воздействия, а следовательно синтезировать систему управления. Разработка системы управления обучением, целью которой является эталонная модель профессиональных компетенций, даст возможность целенаправленно формировать качества младшего специалиста, которые востребованы на рынке труда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тонконогий В.М., Попенко Т.В., Носов П.С. Модель управления обучением в условиях кредитно-модульной системы обучения // Високі технології в машинобудуванні: збірник наукових праць НТУ «ХПГ». – Харків, 2009. – Випуск 2 (12). – С. 184-290.

2. Байденко В.И. Компетенции в профессиональном образовании (К освоению компетентного подхода) // Высшее образование в России. – 2004. – №11. – С. 3-13.

3. Галямина И.Г. Проектирование государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования нового поколения с использованием компетентного подхода: материалы к шестому заседанию методологического семинара, 29 марта 2005 г. – М.: Исследовательский центр проблема качества подготовки специалистов, 2005. – 106 с.

4. Предложения по дальнейшему развитию системы классификации и стандартизации высшего профессионального образования в России / Богословский В.А. и др. – М.: МАКС Пресс, 2005. – 132 с.

5. Челпанов И.В. Компетентностный подход при разработке государственных образовательных стандартов высшего кораблестроительного образования: материалы к седьмому заседанию методологического семинара, 17 мая 2005 г. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005. – 97 с.

Попенко Т.В. ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ МОЛОДШОГО СПЕЦІАЛІСТА ТЕХНІКА-ЕЛЕКТРИКА

Інформатизація та індивідуалізація освіти диктує необхідність у формуванні автоматизованих систем управління навчанням. Одним з основних етапів при побудові системи управління є формалізація мети управління. У статті узагальнено результати експертних досліджень та формалізовано вимоги до молодшого спеціаліста техніка-електрика у розрізі компетентнісного підходу.

Ключові слова: професійні компетенції, формалізація, управління, навчальний процес.

Popenko T.V. PROFESSIONAL COMPETENCE FORMALIZATION OF JUNIOR SPECIALIST ELECTRICAL TECHNICIAN

Computerization and individualization of education dictates the need of developing automated management systems of learning. One of the main stages of the management system construction is an aim's control formalization. The paper summarizes the results of expert studies and formalized the requirements for junior specialist Electrical Technician in the context of competence approach.

Key words: professional competence, the formalization, administration, education process.

ЛОГИЧЕСКАЯ СЕЛЕКТИВНОСТЬ В СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Растегина Г.И., Шепель Л.С.,

Херсонский государственный морской институт

Статья касается проблем электрической защиты судовых электро-энергетических систем. Рассмотрены свойства защиты, дан анализ избирательности, быстродействия защиты. Детально рассмотрен принцип построения схем классической временной селективности. Описан принцип действия схемы логической селективности, выполненной с применением современных автоматических выключателей серии Masterpact, Compact NS и Multi 9. Предлагается ввести понятие логической селективности в учебный процесс. Статья представляет интерес для студентов высших и средних специальных морских учебных заведений и специалистов отрасли.

Ключевые слова: электрическая защита, короткое замыкание, судовые электроэнергетические системы, избирательность, селективность, логическая селективность.

Введение. Анализ учебной литературы [1-4] показал, что в теме «Электрическая защита сетей» раскрыты только вопросы классической селективности по времени и по току и не упоминаются современные способы построения защиты. Считаю необходимым ввести понятие логической селективности в учебный процесс при изучении предмета «Судовые электроэнергетические системы». Это позволит курсантам понимать принцип построения защиты и повысить качество обслуживания судовых электроэнергетических систем.

Актуальность исследований. Существуют разнообразные виды повреждений и ненормальных режимов работы элементов судовых электроэнергетических систем (СЭЭС). Защита СЭЭС должна выявлять повреждения или ненормальные режимы, определять место повреждения, выполнять необходимые отключения, сопровождающиеся сигнализацией. Объектом защиты является как электроэнергетическая установка в целом, так и отдельные виды электрооборудования: генераторные агрегаты, трансформаторы, электромашинные и статические преобразователи, главные и вторичные электrorаспределительные щиты, кабели, приемники электрической энергии. Наиболее опасным повреждением являются короткие замыкания (КЗ), особенно на шинах ГРЩ. В месте КЗ, как правило, выделяется большая тепловая энергия, возможны пожары, возгорания и разрушения электрооборудования.

Роль защиты все более возрастает по мере усложнения СЭЭС и повышения мощности судовых генераторов. Эффективность функционирования защиты обеспечивается при условии, что она удовлетворяет ряд требований, основными из которых являются полнота защищенности, избирательность, быстродействие, чувствительность,

надежность, устойчивость к электродинамическому и термическому действию токов.

Рассмотрим некоторые свойства защиты и их совместимость друг с другом.

Полнота защищенности определяется тем, обеспечены ли различные виды электрооборудования всеми необходимыми видами защиты.

Избирательность (селективность) *защиты* состоит в том, что защита отключает только поврежденный элемент или участок СЭЭС. Обеспечивается избирательность главным образом координацией времени срабатывания защиты смежных участков. Наименьшую выдержку времени срабатывания имеет защита приемников электроэнергии, а наибольшую – токовая защита источников электрической энергии. Недостатком такой классической временной селективности является то, что при коротком замыкании на сборных шинах ГРЩ возникает наибольший ток, время отключения которого будет максимальным.

Обеспечение избирательности путем настройки защиты смежных участков на разные токи срабатывания нашло ограниченное применение в СЭЭС. Объясняется это тем, что судовые электрические сети имеют относительно малую протяженность, и токи смежных участков судовой сети различаются незначительно.

Быстродействие в наибольшей мере характеризует эффективность защиты. При защите от КЗ быстродействие должно быть таким, чтобы в максимальной степени снизить тяжесть последствий вредного воздействия режима КЗ. Например, при коротком замыкании на шинах ГРЩ за время 0,4 с при $I_{КЗ} \approx 80$ кА в помещении объемом 100 м^3 концентрация двуокиси меди представляет опасность для жизни человека [5]. Желательно, чтобы время срабатывания защиты в режиме КЗ было минимальным, однако при этом ухудшаются другие свойства защиты: избирательность, надежность и т.д. Проведение опытов КЗ через дугу в лабораторных и натуральных условиях показало, что с точки зрения термического и токсического действия дуги КЗ в СЭЭС мощностью свыше 1 МВт следует сократить количество ступеней выдержек времени и не использовать выдержки времени свыше 0,3-0,4 с [5].

Анализ показывает, что такие свойства, как избирательность и быстродействие предъявляют к защите противоречивые требования. Эта проблема является актуальной и с развитием науки будет требовать постоянной доработки, совершенствования и принципиально новых идей в вопросах построения защиты.

Постановка задачи. Для решения вопроса об эффективности защиты СЭЭС следует:

- 1) проанализировать существующие средства максимальной токовой защиты с точки зрения быстродействия и избирательности;
- 2) выявить принципиально новые способы решения проблемы и их техническую реализацию на современной элементной базе.

Результаты исследований. Исследования показывают, что в радиальной судовой сети с односторонним питанием от генератора защита всех четырех участков (рис. 1) от токов короткого замыкания обеспечивается автоматическими выключателями [6].

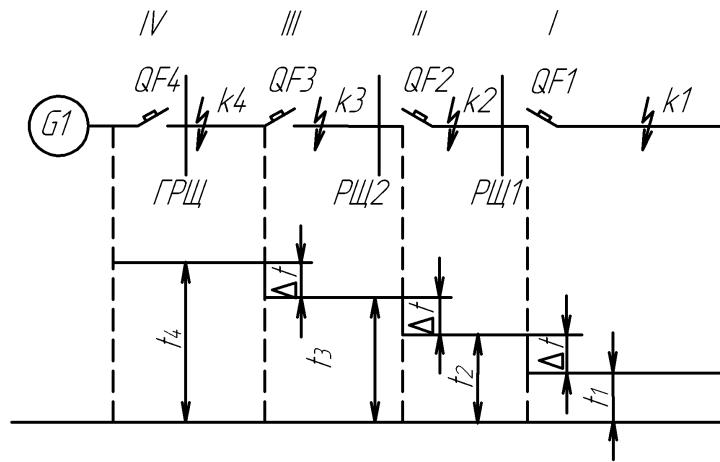


Рисунок 1 – Схема максимальной токовой защиты радиальной сети с односторонним питанием и временная диаграмма

При коротком замыкании, например, в точке $k1$ к месту замыкания через всю линию протекает ток, который может привести к действию защиты всех четырех участков (I ... IV). Однако, сработать должна защита только первого участка (время t_1).

При коротком замыкании в точке $k2$ автоматический выключатель $QF1$ это замыкание не обнаруживает, а ток КЗ протекает через автоматические выключатели $QF2$, $QF3$, $QF4$. Однако, должен сработать только выключатель $QF2$ с выдержкой времени t_2 .

Выбор выдержек времени начинают с защиты, расположенной на конечном участке сети. Эта защита имеет выдержку времени, минимально возможную или близкую к нулю. Величина ступени времени Δt зависит от времени срабатывания выключателя $t_{\text{в}}$, инерционной ошибки защиты $t_{\text{и.о.}}$ и времени запаса $t_{\text{зан.}}$, т.е. $\Delta t = t_{\text{в}} + t_{\text{и.о.}} + t_{\text{зан.}}$.

В судовых сетях при защите селективными и установочными выключателями принимают $\Delta t = 0,1 \dots 0,2$ с [6]. При правильной работе защиты короткое замыкание в точке $k1$ отключает выключатель $QF1$, ближайший к месту короткого замыкания. После отключения поврежденного участка защита на выключателе $QF2$, имеющая большую выдержку времени и поэтому не успевающая сработать, должна возвратиться в исходное состояние.

Избирательность защиты по времени отключения достигается при выполнении условия $t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_n$, где t_1, t_2, t_3, t_n – время отключения автомата на соответствующем участке сети.

При коротком замыкании на сборных шинах ГРЩ в точке $k4$ должен сработать автоматический выключатель $QF4$, который имеет наибольшую выдержку времени, а величина тока КЗ наибольшее значение.

Можно сделать вывод, что классическая временная селективность имеет ограничения по количеству ступеней защиты, предъявляет повышенные требования к термической стойкости автоматических выключателей, защищаемого оборудования и кабелей. Необходим принципиально новый подход к построению защиты. При этом нельзя исключать селективность по времени, если замыкание произошло на смежном участке, и одновременно обеспечить быстрое действие, если замыкание произошло на защищаемом участке.

В настоящее время в системах электроснабжения применяется логическая селективность, которую можно отнести к временной селективности. Она позволяет уменьшить электродинамические нагрузки на электроустановку за счёт сокращения времени устранения повреждения.

Логическая селективность может быть выполнена при использовании автоматических выключателей серии Masterpact, Compact NS и Multi 9 [7].

Логическая селективность (Zone Selective Interlocking – ZSI) обеспечивает связь между вышерасположенным и нижерасположенным выключателями посредством логического сигнала (0 или 5 В). Схема логической селективности представлена на рисунке 2.

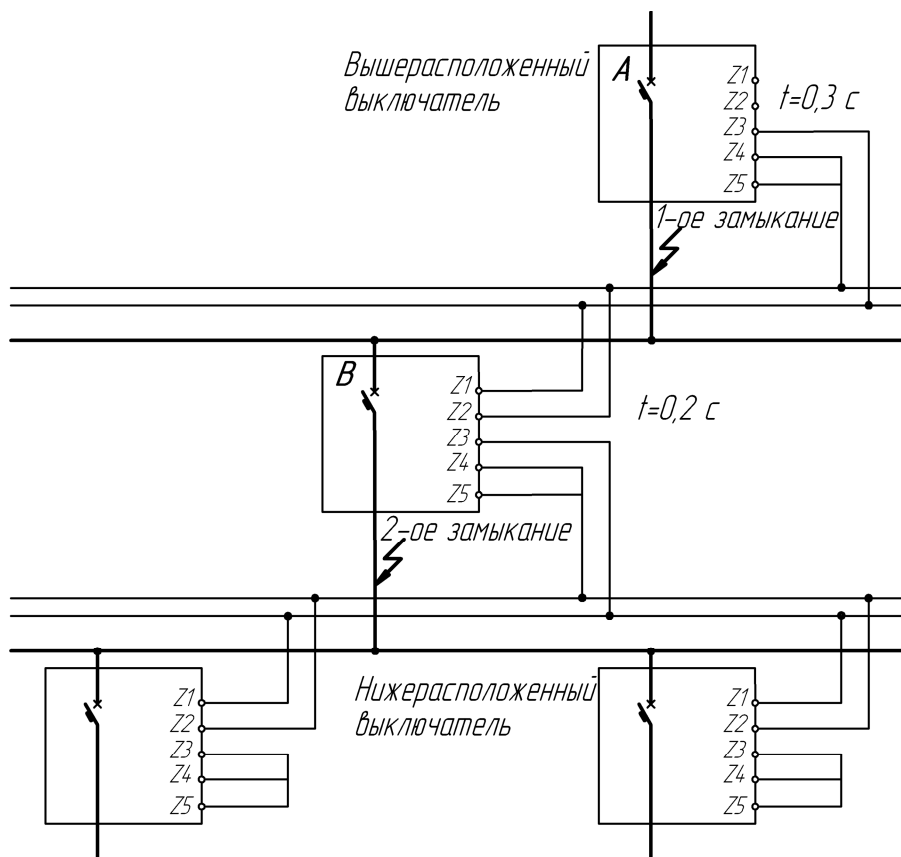


Рисунок 2 – Схема логической селективности

Контрольный провод соединяет несколько выключателей, оснащенных блоками контроля и управления Micrologic A/P/N. Обнаружив замыкание, блок контроля и управления выдает сигнал вверх и проверяет наличие сигнала, исходящего от нижерасположенного выключателя. При наличии сигнала снизу выключатель остается включенным в течение всего времени своей выдержки. В противном случае он отключается немедленно вне зависимости от значения уставки времени.

Логическая селективность – это функция электронных расцепителей, которая заключается в том, что вышестоящий расцепитель, не получивший от нижестоящего сигнал об обнаружении КЗ, «считает» что КЗ происходит между ними и отключается мгновенно, без учета уставок своего расцепителя. Данная функция используется для получения: полной селективности отключения; значительного снижения выдержки времени отключения выключателей, расположенных ближе всего к источнику питания.

Принцип срабатывания системы логической селективности может быть описан следующим текстовым алгоритмом.

1-е замыкание. Только выключатель *A* обнаруживает замыкание. Не получив никакого сигнала снизу, он отключается немедленно, хотя его уставка времени установлена на ступень 0,3 с.

2-е замыкание. Выключатели *A* и *B* обнаруживают замыкание. Выключатель *A*, получив сигнал от выключателя *B*, соблюдает свою уставку времени, предварительно установленную на ступень 0,3 с. Выключатель *B*, не получив никакого сигнала снизу, отключается немедленно, хотя его уставка времени установлена на 0,2 с.

Выводы

1. Выполненный анализ максимальной токовой защиты радиальной судовой сети распределения электроэнергии, построенной по принципу классической временной селективности вскрывает наличие существенных недостатков, которые ведут к снижению надежности работы СЭЭС.

2. Рассмотренный принцип действия схемы логической селективности, выполненной на базе автоматических выключателей серии Masterpact, Compact NS и Multi 9, обеспечивает совершенствование системы защиты.

3. Логическая защита является неотъемлемой частью современных СЭЭС, поэтому понятие логической селективности необходимо вводить в учебные программы дисциплины «Судовые электроэнергетические системы».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воскобович В.Ю. Электроэнергетические установки и силовая электроника транспортных средств. Под ред. Ю.А. Лукомского / В.Ю. Воскобович, Т.Н. Королева, В.А. Павлова. – СПб.: Элмор, 2001. – 384 с.

2. Лемин Л.А. Эксплуатация судовых систем электроснабжения: учебное пособие ГМА им. адм. С.О. Макарова / Л.А. Лемин, А.В. Прусаков, А.В. Григорьев. – СПб., 2006. – 184 с.
3. Сергиенко Л.И. Электроэнергетические системы морских судов: учебник для мореходных училищ / Л.И. Сергиенко, В.В. Миронов. – М.: Транспорт, 1991. – 264 с.
4. Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления: учебное пособие ОНМА / [Пипченко А.Н., Пономаренко В.В., Теплов Ю.И., Романенко А.В.]. – Одесса, 2005. – 370 с.
5. Электрическая защита судового электрооборудования / [Калязин Е.А., Филимонов В.Д., Рокотян Ю.В., Игнатьев Л.Л.]. – Л.: Судостроение, 1983. – 240 с.
6. Краснов В.В. Основы теории и расчета судовых электроэнергетических систем: учебное пособие / Краснов В.В., Мещанинов П.А., Мещанинов А.П. – Л.: Судостроение, 1989. – 328 с.
7. Автоматические выключатели и выключатели нагрузки-разъединители низкого напряжения от 80 до 3200 А Compact NS. Каталог компании Schneider Electric, 2006. – 316 с.

Растьогіна Г.І., Шепель Л.С. ЛОГІЧНА СЕЛЕКТИВНІСТЬ У СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Стаття стосується проблем електричного захисту судових електроенергетичних систем. Розглянуто властивості захисту, подано аналіз вибірковості, швидкодії захисту. Детально розглянуто принципи побудови схем класичної часової селективності. Описано принцип дії схеми логічної селективності, що виконана із застосуванням сучасних автоматичних вимикачів серії Masterpact, Compact NS і Multi 9. Пропонується ввести поняття логічної селективності в навчальний процес. Стаття являє інтерес для студентів вищих і середніх спеціальних морських навчальних закладів і фахівців галузі.

Ключові слова: електричний захист, коротке замикання, судові електроенергетичні системи, вибірковість, селективність, логічна селективність.

Rastegina G.I., Shepel L.S. ZONE SELECTIVE INTERLOCKING IN SHIP ELECTROPOWER SYSTEMS

Article concerns problems of electric protection of ship electropower systems. Properties of protection are considered, the analysis of selectivity, speed of protection is given. The principle of construction of schemes of classical time selectivity is in details considered. The principle of action of the scheme of zone selective interlocking, with application of modern automatic switches of series Masterpact, Compact NS and Multi 9 is described. It is offered to enter concept of zone selective interlocking into educational process. Article is of interest for students of the higher and average special sea educational institutions and experts of branch.

Key words: electric protection, short circuit, ship electropower systems, selectivity, zone selective interlocking.

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК [620.193.4+620.193.7]:621.8:629.5

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОРРОЗИИ СУДОВЫХ КОТЛОВ ПРИ СЖИГАНИИ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

*Горячкин А.В., Дикий Н.А., Мордань Э.А.,
Киевская государственная академия водного транспорта
им. гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного*

Увеличение доли NO_2 в NO_x до 33% при сжигании ВТЭ приводит к увеличению растворимости оксидов азота в конденсате серной кислоты на поверхности, что приводит к снижению НТК. Экспериментально получены зависимости убыли металла $\Delta G = f(S^)$, $\Delta G = f(\alpha)$, $\Delta G = f(W^*)$, а также зависимости скорости коррозии от температуры стенки $K = f(t_{cm})$ и содержания воды в ВТЭ $K = f(W^*)$. В области температур стенки 70...130°C при сжигании ВТЭ с $W^* = 30\%$ при различных режимах ($\alpha = 1,15 \dots 1,45$) и S^* до 2,0% скорость коррозии ниже, чем при сжигании необходимого топлива даже при низких α , при практически отсутствующем «кислотном пике» коррозии.*

Ключевые слова: низкотемпературная коррозия, водотопливные эмульсии, скорость коррозии, сжигание необходимого топлива.

Введение. Рост стоимости жидкого топлива, необходимость снижения загрязнения окружающей среды ставят перед судовой энергетикой сложную задачу – наряду с поиском альтернативных видов топлива и вторичных энергоресурсов одновременно повысить эффективность сжигания топлива в тепловых двигателях и котлах, снизить расход сжигаемого топлива и количество токсичных выбросов. Наряду с традиционными процессами теплообмена и аэродинамики в котлах большое влияние на показатели их работы оказывают теплохимические процессы, которые в связи с переходом на тяжелое топливо ограничивают надежность и экономичность работы энергетического оборудования СЭУ [1].

Актуальность исследования. Одними из главных факторов, влияющих на конструктивные особенности главных, вспомогательных (ВК) и утилизационных (УК) котлов, их экономические показатели и эксплуатацию при сжигании сернистых топлив, являются интенсивное загрязнение и коррозия высокотемпературных и низкотемпературных поверхностей нагрева (НТП). Рост скорости коррозии при температурах стенки НТП ниже 140...120°C существенно ограничивает возможности снижения температуры уходящих газов ϑ_{yx} и, следовательно, увеличения КПД котлов и экономии топлива при эксплуатации СЭУ. Для предупреждения или уменьшения низкотемпературной коррозии (НТК) применяются различные мероприятия: поддержание температуры поверхности нагрева $t_{ст}$ выше температуры точки росы (ТТР), ввод присадок

в топливо и дымовые газы, применение кислотоупорных покрытий или стойких к коррозии материалов. Считается, что переход к сжиганию мазута с низкими коэффициентами избытка воздуха $\alpha = 1,03 \dots 1,01$ позволяет в какой-то степени решать проблему, т.к. существенно снижается интенсивность НТК в области «кислотного» пика (при $t_{ст} = 100 \dots 115^\circ\text{C}$) до $0,25 \dots 0,3$ мм/год, но применение этого режима вызывает большие трудности в эксплуатации при организации процесса горения и его автоматизации. Вследствие работы в переменных режимах эксплуатация судовых ВК при таких α вообще невозможна (топливо в них сжигается при $\alpha = 1,1 \dots 1,5$) [2, 3, 5].

В последнее время опубликованы данные о различных методах снижения эмиссии вредных веществ (особенно NO_x). Большое распространение получили и теплохимические методы – впрыск воды, водяного пара в зону горения, использование водотопливных эмульсий (ВТЭ). Общеизвестным направлением повышения эффективности использования жидкого топлива с точки зрения энергосбережения и защиты окружающей среды считается сжигание ВТЭ: при содержании воды до $10 \dots 20$ % КПД котлов может даже повышаться за счет турбулизации факела вследствие «микровзрывов» капель ВТЭ и участия продуктов диссоциации воды (активных H^+ и OH^-) в процессе горения; с увеличением содержания воды в эмульсии обеспечивается уменьшение содержания токсичных компонентов (NO_x , SO_x , CO , бенз(а)пирена). Но практически отсутствуют конкретные сведения о ходе коррозионных процессов на поверхностях нагрева котлов при проведении указанных мероприятий, причем, опубликованные немногочисленные данные носят качественный характер. Это обусловило необходимость решения научно-прикладной задачи получения количественных данных по интенсивности НТК НТП при сжигании ВТЭ, так как они определяют \mathcal{E}_{yx} и экономические показатели, а также надежность работы котлов, и как следствие, эффективное использование топлива и вторичных энергоресурсов СЭУ и являются базой рационального проектирования и эксплуатации котлов.

Объектом исследования являются ВК и УК СЭУ; явления, связанные со сжиганием ВТЭ в элементах СЭУ, которые влияют на коррозионные свойства дымовых газов, на экономические показатели котлов и СЭУ. Предмет исследования – низкотемпературные коррозионные процессы в элементах котлов.

Постановка задачи научного исследования:

- установление закономерностей скорости НТК стали 20 при сжигании мазута с $\alpha = 1,01 \dots 1,5$ при разных $t_{ст}$, содержании воды в эмульсии W^r и серы в исходном топливе S^r ;
- исследование процессов, которые могут объяснить механизм низкотемпературной коррозии при сжигании ВТЭ.

Результаты исследования. Исследования НТК при сжигании ВТЭ и стандартных топлив проводились в 25 сериях опытов: при S^r от 0,7% до 2,0%, при α от 1,01 до 1,5, при W^r от 2,0 до 30,0%. Было проведено две серии

опытов при впрыске воды и пара в корень факела в количествах, эквивалентных $W^r = 30\%$.

Исследования кинетики НТК (по убыли металла ΔG) при обеспечении постоянства параметров процессов горения и коррозии позволяют существенно сократить продолжительность трудоемких коррозионных исследований. Графики и уравнения регрессии, значения коэффициентов детерминации R^2 , полученные в результате обработки результатов экспериментов при сжигании ВТЭ с $W^r = 30\%$ ($S^r = 1,8\%$; $\alpha = 1,45$) и стандартного топлива (М40 + Ф12) ($S^r = 1,5\%$; $\alpha = 1,35$), с помощью Microsoft Excel, а также системы Mathcad 2001, представлены на рисунке 1. Как показали исследования, время стабилизации скорости коррозии (особенно при сжигании ВТЭ) составляет 2...4 часа. Это позволяет оценить уровень коррозионного процесса и прогнозировать его по результатам исследований кинетики коррозии в течение 2...12 часов. При обработке данных, полученных в течение 2...12 часов, было принято, что коррозионный процесс развивается по степенной зависимости $\Delta G = A \cdot \tau^\alpha$ с начала воздействия потока газов. Правомерность такого решения подтверждают результаты проверочных 100-часовых опытов.

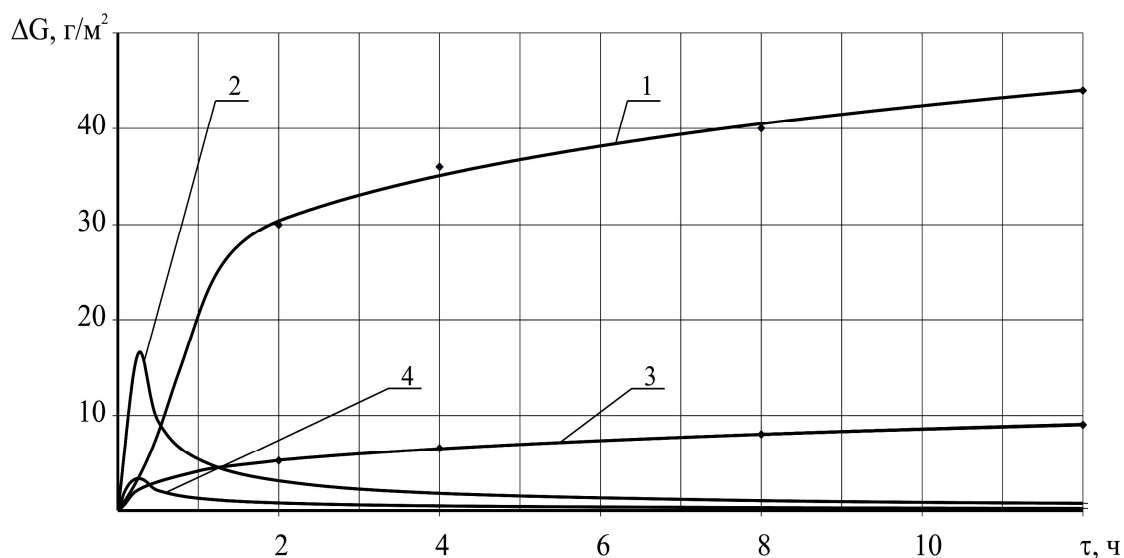


Рисунок 1 – Зависимость $\Delta G = f(\tau)$ и $K = f(\tau)$:

1 – $\Delta G = 26,337 \cdot \tau^{0,2068}$ при М40+Ф12 ($W^r = 2\%$, $S^r = 1,5\%$), $\alpha = 1,35$, $\tau = 8$ ч;

2 – $K = 5,446 \cdot \tau^{-0,7932}$ при М40+Ф12 ($W^r = 2\%$, $S^r = 1,5\%$), $\alpha = 1,35$, $\tau = 8$ ч;

3 – $\Delta G = 4,3246 \cdot \tau^{0,2992}$ при М40 ($W^r = 30\%$, $S^r = 1,8\%$), $\alpha = 1,45$; $\tau = 8$ ч;

4 – $K = 1,294 \cdot \tau^{-0,7008}$ при М40 ($W^r = 30\%$, $S^r = 1,8\%$), $\alpha = 1,45$; $\tau = 8$ ч

На основании зависимостей $\Delta G = f(\tau)$, полученных в области «кислотного» коррозионного пика при $t_{ст} = 105...115^\circ\text{C}$, по данным 8-часовых опытов были построены зависимости убыли металла ΔG в зависимости от S^r и W^r в эмульсии, и величины α (рис. 2). Незначительный рост ΔG в

зависимости от α и S^r , сближение кривых $\Delta G = f(W^r)$ при $W^r = 30\%$ при разном содержании серы можно объяснить только созданием условий пассивации металла при этом содержании воды в эмульсии. При вводе в топку распыленной воды или водяного пара значение ΔG выше, чем при сжигании ВТЭ. Выбор полного факторного ротатабельного плана (как одного из методов математического моделирования) предоставил возможность оценить совместное влияние рассмотренных 3-х факторов на величину ΔG (рис. 3). Наибольшее влияние на величину ΔG оказывает содержание воды W^r в ВТЭ, затем α и S^r . Графики главных эффектов и взаимодействий, контурный график показывают, что наименьшее значение ΔG может быть получено при $W^r = 30 \dots 35\%$, $S^r \approx 1,35\%$ и $\alpha = 1,25$.

Количественная оценка интенсивности НТК производилась по значениям мгновенной скорости коррозии, равной $K_M = d(\Delta G)/d\tau = \rho_M d(\Delta\delta)/d\tau$ и средней скорости в промежутке времени $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$, определяемой по формуле (1):

$$K = K_{cp} = \frac{1}{\tau_2 - \tau_1} \int_{\tau_1}^{\tau_2} K_M \cdot d\tau = \frac{\Delta G_2 - \Delta G_1}{\tau_2 - \tau_1} \quad (1)$$

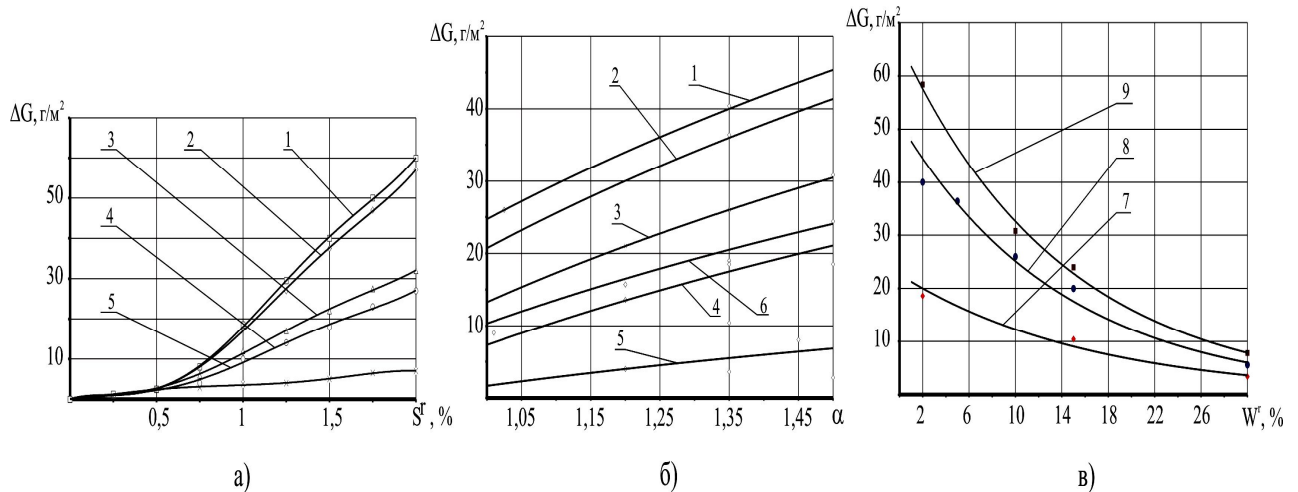


Рисунок 2 – Зависимость ΔG от S^r (а), α (б), W^r (в) при:

- 1 – М40 ($S^r = 1,5\%$; $W^r = 2,0\%$) $\alpha = 1,35$;
- 2 – М40 ($S^r = 1,5\%$; $W^r = 4,0\%$) $\alpha = 1,35$;
- 3 – М40 ($S^r = 1,5\%$; $W^r = 10,0\%$) $\alpha = 1,35$;
- 4 – М40 ($S^r = 1,5\%$; $W^r = 17,0\%$) $\alpha = 1,35$;
- 5 – М40 ($S^r = 1,8\%$; $W^r = 30,0\%$) $\alpha = 1,35$;
- 6 – М40 ($S^r = 1,5\%$; $W^r = 15,0\%$) $\alpha = 1,35$;
- 7 – М40 ($S^r = 0,98\%$) $\alpha = 1,35$;
- 8 – М40 ($S^r = 1,5\%$) $\alpha = 1,35$;
- 9 – М40 ($S^r = 1,8\%$) $\alpha = 1,40$

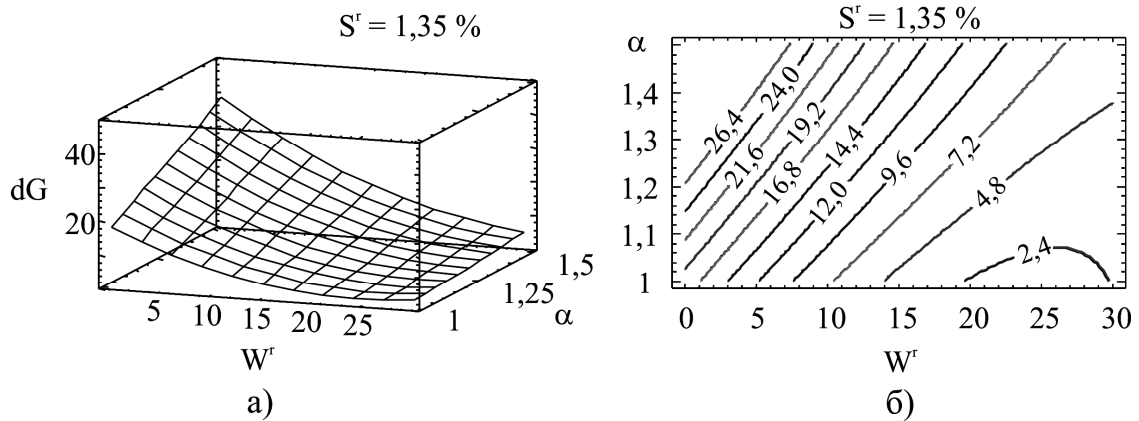


Рисунок 3 – Зависимость dG от α , W^r , S^r :
а) поверхность отклика; б) изолинии dG

Для оценки достоверности полученных регрессионных уравнений, прогнозирующих процесс коррозии, сравнения скоростей коррозии, а также влияния накопившегося слоя продуктов коррозии и установившейся пассивации поверхности металла были проведены исследования НТК при $\tau = 100$ часов. Полученные зависимости $K = f(t_{ct})$ (рис. 4) показывают, что с уменьшением α скорость коррозии (особенно в области «кислотного пика» при $t_{ct} = 105 \dots 115^\circ\text{C}$) снижается. При сжигании ВТЭ с $W^r = 30\%$ и повышенном $\alpha = 1,45$ скорость коррозии в 1,5 раза ниже, чем при $\alpha = 1,01$ при практически отсутствующем «пике» коррозии.

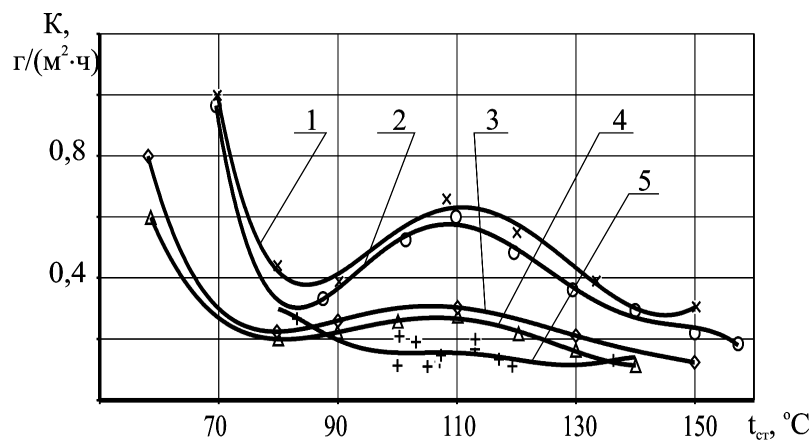


Рисунок 4 – Зависимость $K=f(t_{ct})$ при сжигании:
1 – М100 ($S^r = 2,0\%$; $W^r = 2,0\%$) $\alpha = 1,05$; $\tau = 100$ ч;
2 – М100 ($S^r = 2,0\%$; $W^r = 2,0\%$) $\alpha = 1,025$; $\tau = 100$ ч;
3 – М100 ($S^r = 2,0\%$; $W^r = 2,0\%$) $\alpha = 1,01$; $\tau = 100$ ч;
4 – М40 ($S^r = 0,96\%$; $W^r = 2,0\%$) $\alpha = 1,01$; $\tau = 100$ ч;
5 – ВМЭ М40 ($S^r = 1,8\%$; $W^r = 30,0\%$) $\alpha = 1,45$; $\tau = 88$ ч
(данные эксперимента $K_{cp} = 0,2$ г/(м²·ч) при $t_{ct} = 115^\circ\text{C}$, т.е. расхождение составляет около 2%)

Для режима сжигания ВТЭ при $W^r = 30\%$, $S^r = 1,8\%$, $\alpha = 1,45$ полученное прогнозируемое значение средней скорости коррозии формула (2) за 88 часов эксперимента составляет

$$K_{CP} = \frac{1}{88} \int_0^{88} 1,294 \cdot \tau^{-0,7002} d\tau = 0,181, \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}). \quad (2)$$

Чтобы убедиться в достоверности полученных результатов исследования кинетики коррозии (экспериментальных данных и прогнозных расчетов), полученных для режимов сжигания ВТЭ, были выполнены аналогичные прогнозные расчеты для режима сжигания стандартного мазута М100 ($W^r = 2,0\%$, $S^r = 2,0\%$) при $\alpha = 1,025$, что дало возможность сравнить данные прогноза с нашими экспериментальными данными при $\tau = 100$ часов и с результатами исследований за 100 и 1115 часов на действующих котлах. За 100 часов прогнозируемое значение $K_{CP} = 0,56$ г/(м²·ч), при эксперименте $K = 0,58$ г/(м²·ч), т.е. расхождение составляет 3,6%, что полностью согласуется с литературными данными. За 1115 часов при этом режиме $K_{CP} = 0,122$ г/(м²·ч).

При сжигании мазута М100 ($S^r = 2,5\%$; $W^r = 2,0\%$) на котле при среднем значении $\alpha = 1,025$ длительностью 1115 часов, получено среднее значение скорости коррозии (по 2-м змеевикам) при $t_{CT} = 110^\circ\text{C}$ на уровне 0,2 г/(м²·ч) при большем содержании серы, т.е. отклонение от наших прогнозируемых значений скорости коррозии при этой t_{CT} составляет 23,0%.

При этом необходимо обратить внимание на большой разброс данных исследований на котлах при переменных режимах работы. Если учесть, что переменные режимы приводят к увеличению скорости коррозии (как показало аналитическое исследование), то прогнозируемые значения K_{CP} при $\alpha = 1,025$ ($\tau = 1115$ часов) следует рассматривать как достоверные. Поэтому считаем, что также достоверны полученные на этой экспериментальной установке результаты коррозионных исследований и результаты расчетов прогнозов при сжигании ВТЭ.

Для получения сравнительных характеристик и выяснения механизма НТК были проведены комплексные исследования при сжигании ВТЭ и стандартного мазута при W^r , равными 2, 10, 15, 17%; $S^r = 1,5 \dots 2,0\%$ и $\alpha = 1,03 \dots 1,5$ при $\tau = 6 \dots 8$ часов, которые показали, что: скорость коррозии K при сжигании ВТЭ существенно снижается (в области «кислотного пика» в 1,8 раза при $\tau \approx 8$ ч и 5 раз при $\tau \approx 100$ ч из-за создания малопроницаемой для кислоты пленки сульфатов и пассивации) и находится на уровне K при сжигании стандартного мазута с минимальными $\alpha = 1,03 \dots 1,04$; общие массопотоки серной кислоты, определяемые по сумме оставшегося количества и прореагировавшей кислоты, при сжигании ВТЭ и стандартного топлива практически равны, а количество оставшейся на поверхности H_2SO_4 при сжигании ВТЭ больше (вследствие снижения скорости коррозии).

Загрязнение поверхности нагрева при сжигании ВТЭ происходит более интенсивно, чем при сжигании стандартного мазута, из-за большей влажности отложений, что способствует налипанию золовых и сажистых частиц. При сжигании эмульсии изменяется характер отложений [6, 8], которые становятся более влажными и многослойными: верхний слой серого цвета предположительно нитрозилсерной кислоты, под ним слой сажи и продуктов коррозии черного цвета, а непосредственно на поверхности металла плотная пленка продуктов коррозии, которая распространяется в зону «кислотного пика» ($t_{ст} = 100...120^{\circ}\text{C}$), что по-видимому, обуславливает снижение скорости коррозии. С увеличением содержания воды в эмульсии количество поглощенных конденсатом оксидов азота (в пересчете на HNO_3) растет, что приводит, по нашему мнению, к усилению пассивации металла (наблюдается характерный блестящий вид поверхности металла после удаления продуктов коррозии) и снижению интенсивности коррозионного процесса. Поглощение оксидов азота при увеличении W^r в ВТЭ подтверждает возможность их участия в процессе образования серной кислоты по нитрозному механизму дополнительно к контактному (основному) процессу образования H_2SO_4 в дымовых газах. Минимальному содержанию Fe^{3+} в отложениях соответствует максимальная скорость коррозии, а максимальному содержанию Fe^{3+} – минимальное ее значение, что подтверждает влияние на интенсивность коррозии явления пассивации.

Результаты специальных исследований концентрации кислот в отложениях показывают, что концентрация H_2SO_4 при сжигании «сухого топлива» в области «кислотного пика» составляет 72%, а при сжигании ВТЭ – 60%, что соответствует режиму нитрозного механизма получения серной кислоты.

По данным исследований (с учетом результатов 100-часовых опытов и аналитических исследований влияния переменных значений α и $t_{ст}$) были построены зависимости $K = f(t_{ст})$ при $\tau = 1000$ ч (рис. 5), которые показывают, что при сжигании ВТЭ с $W^r = 30\%$ при различных режимах ($\alpha = 1,15...1,45$) и S^r до 2,0% в области $t_{ст} = 70...130^{\circ}\text{C}$ скорость коррозии находится на уровне 0,2 мм/год и её значение меньше, чем при сжигании необводненного топлива даже при низких α , и при этом практически не наблюдается «кислотный пик» коррозии.

По результатам проведенных исследований и расчетов получены зависимости $K = f(W^r)$ по скорости коррозии при разных $t_{ст}$ при сжигании ВТЭ с W^r от 4 до 30% в 4-х зонах температур стенки: 1) точки росы (130°C); 2) «кислотного пика» (115°C); 3) минимума коррозии ($80...100^{\circ}\text{C}$); 4) второго «пика» коррозии ($60...70^{\circ}\text{C}$) [9].

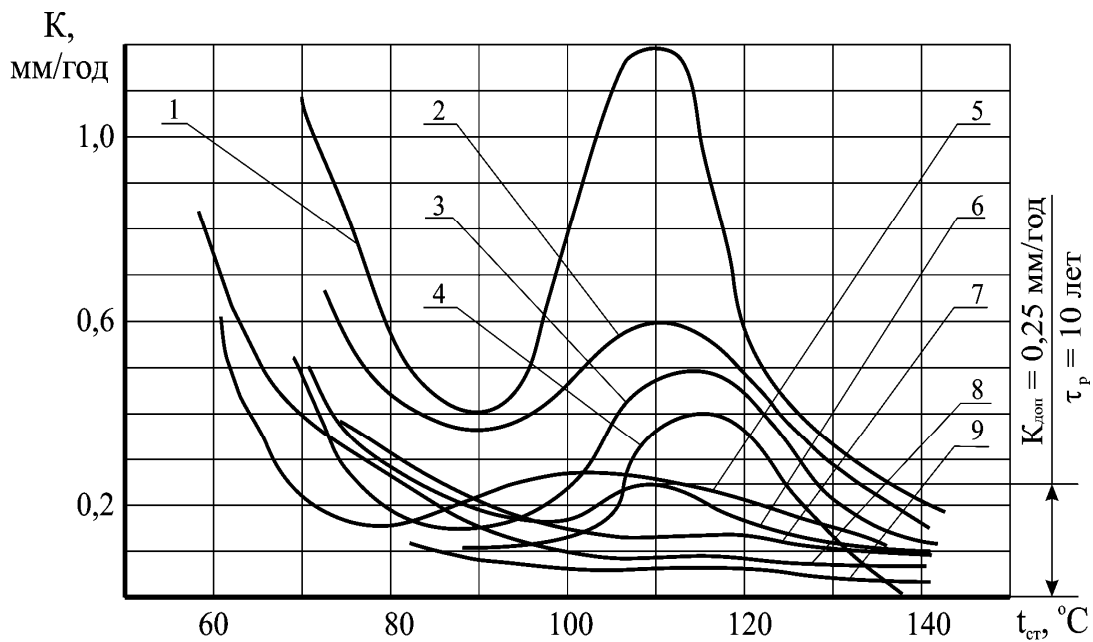


Рисунок 5 – Зависимость $K = f(t_{ст})$ прогноз при $\tau = 1000$ ч (переменные режимы):

- 1 – М100 ($S^r = 2,5$ %; $W^r = 2,0$ %) $\alpha = 1,2$ (лит. дан.);
- 2 – М100 ($S^r = 2,0$ %; $W^r = 2,0$ %) $\alpha = 1,05$;
- 3 – М40 ($S^r = 1,5$ %; $W^r = 4,0$ %) $\alpha = 1,025$;
- 4 – М100 ($S^r = 2,0$ %; $W^r = 2,0$ %) $\alpha = 1,01$;
- 5 – ВМЭ М40 ($S^r = 1,5$ %; $W^r = 10,0$ %) $\alpha = 1,35$;
- 6 – ВМЭ М40 ($S^r = 1,75$ %; $W^r = 17,0$ %) $\alpha = 1,2$;
- 7 – ВМЭ М40 ($S^r = 1,8$ %; $W^r = 30,0$ %) $\alpha = 1,45$;
- 8 – ВМЭ М40 ($S^r = 1,5$ %; $W^r = 30,0$ %) $\alpha = 1,35$;
- 9 – ВМЭ М40 ($S^r = 1,5$ %; $W^r = 30,0$ %) $\alpha = 1,25$

По данным зависимостей $K = f(t_{ст})$ и $K = f(W^r)$ при $\tau = 1000$ ч предоставляется возможность определить содержание W^r в эмульсии, при котором обеспечивается принятое допустимое значение скорости коррозии $K_{доп}$ в области «кислотного пика», а также минимальную $t_{ст}^{мин}$ в области второго «пика» коррозии, при которой обеспечивается принятое $K_{доп}$. Благодаря преимущественному и противоположному (по сравнению с α) влиянию содержания W^r в ВТЭ, предоставляется возможность, увеличивая W^r в эмульсии до 30%, снизить скорость коррозии. Сжигание ВТЭ с $W^r = 30\%$ позволит также снизить требования к регулированию процесса горения в судовых ВК в широких пределах изменения α , так как скорость коррозии находится в допустимых пределах даже при высоких α , и снизить $\vartheta_{ух}$, что может компенсировать снижение КПД котлов при сжигании ВТЭ с большим W^r .

Выводы.

1. В исследовательской работе предлагается решение важной для судовой энергетики научно-прикладной задачи снижения интенсивности

НТК до економічески прийомлемого рівня (0,2...0,3 мм/год) при температурах поверхностей нагріву нижче ТТР (70...80 °С), що забезпечує комплексне використання топлив і вторичних енергоресурсів.

2. Отримані залежності втрати металу внаслідок корозії $\Delta G = f(S^r)$, $\Delta G = f(\alpha)$, $\Delta G = f(W^r)$ при сжигании ВТЭ, які можуть бути використані в вигляді порівняльних характеристик інтенсивності НТК при відповідних режимах.

3. Вперше виявлені закономірності процесів НТК в області $t_{ст} = 70...130^\circ\text{C}$ при сжигании ВТЭ з W^r до 30% при різних режимах ($\alpha = 1,15...1,45$) і S^r в топливі до 2,0%, які показують, що швидкість корозії майже в 5 разів нижче, ніж при сжигании необхідного палива навіть при низьких надлишках повітря, при практично відсутньому «кислотному піку» корозії.

4. Залежності швидкості корозії від температури стінки $K = f(t_{ст})$ при $\tau = 100$ годин практично характеризують реальну інтенсивність корозійних процесів при експлуатації котлів між чистками. Середнє значення швидкості корозії $K_{ср}$ при сжигании ВТЭ з $W^r = 30\%$ і підвищеному значенні $\alpha = 1,45$ виявилася в 1,5 разів нижче $K_{ср}$ при $\alpha = 1,01$.

5. Отримані результати можуть бути використані в стаціонарній енергетиці.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геллер З.И. Мазут как топливо. – М.: Недра, 1965. – 495 с.
2. Закиров К.З., Айрих Р.А. Эффективность совместного влияния ввода воды и рециркуляции дымовых газов на образование оксидов азота при сжигании сероводородсодержащего газа в топке котла ТГМП – 114: тезисы конференции [«Оксиды азота в продуктах сгорания и их образование в атмосфере»]. – Киев, 1987.
3. Магадеев В.Ш. Коррозия газового тракта котельных установок. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 272 с.
4. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. – Л.: Недра, 1977. – 294 с.
5. Стриха И.И. Эколого-экономические показатели работы котла ТГМЕ-206 при сжигании обводненных мазутов // Изв. вузов. Серия "Энергетика". – 1997. – № 7-8. – С. 45-53.
6. Эффективность применения водотопливных эмульсий в судовых котлах / В.Н. Стаценко, В.М. Суменков, Ю.С. Селезнев // Судостроение. – 1999. – № 2.
7. Авдучевский В.С., Пирулов У.Г. Снижение выбросов окислов азота от энергетических установок путем ввода воды в зону горения факела // Труды МЭИ. – Москва, 1984. – 250 с.
8. Тув И.А. Сжигание обводненных мазутов в судовых котлах. – Л.: Судостроение, 1968. – 216 с.

9. Подавление оксидов азота впрысками воды в зону горения на паровом котле ТГМП-314Ц / [В.И. Кормилицын, М.Г. Мысков, И.Г. Збраилов и др.] // Труды МЭИ. – Москва, 1987. – 165 с.

Горячкін А.В., Дикий М.О., Мордань Е.А. ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ КОРОЗІЇ СУДНОВИХ КОТЛІВ ПРИ СПАЛЮВАННІ ВОДОПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ

Збільшення частки NO_2 в NO_x до 33% при спалюванні ВПЕ призводить до збільшення розчинності оксидів азоту в конденсаті сірчаної кислоти на поверхні, що призводить до зниження інтенсивності НТК. Експериментально отримані залежності збутку металу $G = f(S^r)$, $G = f(\alpha)$, $\Delta G = f(W^r)$, а також залежності швидкості корозії від температури стінки $K = f(t_{cm})$ і вмісту води у ВПЕ $K = f(W^r)$. В області температур стінки 70...130°C при спалюванні ВПЕ з $W^r = 30\%$ при різних режимах α ($\alpha = 1,15...1,45$) і S^r до 2,0% швидкість корозії нижча, ніж при спалюванні необхідного палива навіть при низьких α , при практично відсутньому «кислотному піку» корозії.

Ключові слова: низькотемпературна корозія, водопаливні емульсії, швидкість корозії, спалювання необхідного палива.

Goryachkin A.V., Dikiy N.A., Mordan E.A. WAYS OF DECREASING THE INTENSITY OF LOW-TEMPERATURE CORROSION OF SHIP'S BOILERS IN COMBUSTION OF WATER-FUEL EMULSIONS

The increase of the share of NO_2 in NO_x to 33% at incineration of WFE results in the increase of solubility of nitrogen oxides in the runback of sulfuric acid on the surface, that results in the decline of LTC. Dependences of decrease of metal $\Delta G = f(S^r)$, $G = f(\alpha)$, $\Delta G = f(W^r)$ are experimentally obtained, as well as dependences of speed of corrosion on the temperature of wall to $K = f(t_{cm})$ and contents of water in WFE to $K = f(W^r)$. In the range of temperatures of wall 70...130°C at incineration of WFE with $W^r = 30\%$ under different modes ($\alpha = 1,15...1,45$) and S^r to 2,0% speed of corrosion is lower, than in incineration of the water-free fuel even at low α , under practically absent «acid peak» of corrosion.

Key words: low-temperature corrosion, water-fuel emulsions, speed of corrosion, incineration of the water-free fuel.

САНИТАРНАЯ ОЧИСТКА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Леонов В.Е.,

Херсонский государственный морской институт

В работе выполнен анализ методов нейтрализации отработавших газов судовых энергетических установок. Рассмотрены преимущества и недостатки таких способов очистки и нейтрализации отработавших газов СЭУ, как конденсация, мембранное разделение, абсорбция, адсорбция, пиролиз, гетерогенно-каталитические методы окисления и восстановления токсичных соединений до нейтральных соединений.

Разработаны предложения по созданию эффективных катализаторов нейтрализации токсичных соединений отработавших газов СЭУ.

Ключевые слова: катализатор, нейтрализация, токсичные вещества, отработавшие газы, пробег катализатора.

Введение. Очистка отработавших газов от токсичных соединений всегда являлась актуальной задачей, которая стоит перед двигателестроением, эксплуатационниками и экологами.

Известно [1-3], что основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются транспорт, энергетика и промышленные предприятия. Загрязнение атмосферного воздуха вредными выбросами в конце XX века стало одной из глобальных экологических проблем. Путь ее решения только один – отработавшие газы двигателей должны быть экологически чистыми. В отработавших газах обнаружено более 250 различных токсичных соединений. По своим химическим свойствам, характеру воздействия на организм человека вещества, содержащиеся в отработавших газах, подразделяются на две группы:

- 1) нетоксичные: азот, кислород, водород, водяные пары, диоксид углерода (98-98,5%);
- 2) токсичные: оксиды углерода, азота, серы, углеводороды, альдегиды, сажа (1,5-2,0%).

Постановка задачи. Для нейтрализации выбросов второй группы в настоящее время разрабатываются и совершенствуются инженерно-технические средства защиты окружающей среды, развиваются основы для создания замкнутых, малоотходных, ресурсосберегающих и безотходных технологических циклов [4, 5].

Для снижения содержания вредных компонентов в отработавших газах судовых энергетических установок (ОГ СЭУ) до предельно-допустимых норм [6, 7] существуют следующие способы очистки:

- 1) физические (конденсация, мембранное разделение);
- 2) физико-химические (абсорбционные, адсорбционные, пиролиз);
- 3) гетерогенно-каталитические – окисление и восстановление;
- 4) перевод СЭУ на газообразное топливо;

5) использование в качестве топлива водно-топливной эмульсии [8].

Необходимо отметить, что согласно требованиям Международной конвенции МАРПОЛ 73/78 Приложение VI ужесточаются требования к снижению уровня токсичности ОГ СЭУ, в частности, к уменьшению содержания серосоединений. Для этого в отдельных районах Баренцева и Северного морей используют малосернистое дизельное топливо (не более 1,5% масс серосоединений).

Конденсация применяется для удаления примесей из газов путем их охлаждения до температуры ниже точки росы удаляемого вещества. Данный метод наиболее эффективен для очистки ОГ от углеводородов и других органических соединений, имеющих достаточно высокую температуру кипения при обычных условиях. Метод применяется в тех случаях, когда выделяемое вещество имеет высокую концентрацию. В большинстве случаев конденсация осуществляется как предварительная стадия с целью уменьшения содержания загрязняющих веществ. Конденсацию проводят при непосредственном или косвенном охлаждении ОГ. Глубокая очистка отработавших газов, насыщенных водяным паром, достигается в результате мокрой, полусухой или сухой очистки. Очистка осуществляется за счет стадии *конденсации*, при которой основное количество водяного пара конденсируется благодаря охлаждению отработавшего газа. Этот процесс выгодно отличается тем, что обеспечивает настолько глубокую очистку отходящих газов от парообразных примесей, частиц пыли и аэрозолей, что их остаточное количество не превышает установленных для очищенных газов ПДК значений.

Мембранное разделение. Вследствие различной скорости прохождения компонентов смеси через *мембрану* происходит концентрационная «поляризация» при которой в пограничном слое около поверхности перегородки накапливается вещество, имеющее наименьшую скорость проникновения. В результате при разделении жидких смесей снижаются движущая сила процесса и, соответственно селективность, производительность и срок службы *мембран*. Кроме того, возможно *осаждение* на *мембране* труднорастворимых *солей*, а также гелеобразование высоко-молекулярных соединений, что приводит к необходимости очистки *мембран*. Для уменьшения влияния концентрационной *поляризации* и улучшения работы *мембран* разделяемую систему перемешивают, что способствует выравниванию *концентраций* компонентов в поверхности перегородки и в ядре потока. *Перемешивание* осуществляют путем увеличения скорости потока (до 3-5 м/с); турбулизацией раствора путем применения специальных вставок в виде сеток, перфорированных или гофрированных листов, спиралей, шариков; использованием *ультразвука*.

При *разделении газовых смесей* благодаря высокому коэффициенту *диффузии* компонентов через *мембраны* концентрационная *поляризация* мала и ее можно не учитывать.

Абсорбция. Этот метод заключается в разделении газо-воздушной смеси на составные части путем поглощения одного или нескольких газовых компонентов этой смеси поглотителем (называемым абсорбентом) с

образованием раствора. Жидкость (абсорбент) выбирают из условия растворимости в ней поглощаемого газа, температуры и давления. Если растворимость газов при 0°C и парциальном давлении 103,3 кПа составляет сотни граммов на 1 кг растворителя, то такие газы называются хорошо растворимыми.

Адсорбция. Наиболее широко в качестве адсорбента используется активированный уголь. Он применяется для очистки газов от органических паров, удаления неприятных запахов и газообразных примесей, содержащихся в промышленных выбросах, а также летучих растворителей и целого ряда других газов. В качестве адсорбентов применяются также простые и комплексные оксиды (активированный глинозем, силикагель, активированный оксид алюминия, синтетические цеолиты или молекулярные сита), которые обладают большей селективной способностью, чем активированные угли. Однако они не могут использоваться для очистки влажных газов. Некоторые адсорбенты иногда пропитываются соответствующими реактивами, повышающими эффективность адсорбции, на поверхности адсорбента протекает хемосорбция. В качестве таких реактивов могут быть использованы растворы, которые за счет химических реакций превращают вредную примесь в безвредную.

Пиролиз (пирогенетическое разложение) – особый вид крекинга, осуществляемого при высоких температурах (650-800°C). Пиролиз нефти или нефтепродуктов служит главным образом для получения ароматических углеводородов (толуол, бензол), наряду с которым образуются большие количества газа, кокс и некоторые другие продукты.

Гетерогенно-каталитические методы окисления и восстановления. В методе парофазного каталитического окисления используется гетерогенное каталитическое окисление кислородом воздуха летучих органических соединений. Процесс окисления интенсивно протекает в присутствии медно-хромовых, медно-цинковых, медно-марганцевых катализаторов. При высокой температуре (350...400°C) большинство органических веществ подвергается полному окислению органических веществ, степень превращения $\alpha = 98,5 - 99,9\%$. Применение парофазного окисления наиболее целесообразно в случае вывода технологического потока в виде пара, направляемого в конденсаторы (из выпарных аппаратов ректификационных колонн, сушильных камер). При уменьшении угла опережения впрыска топлива на 4-5°C от штатного снижается максимальная температура цикла, что приводит к уменьшению концентрации оксидов азота (NO_x) в среднем на 30-35%. Увеличение угла опережения повышает концентрацию (NO_x) на 15-17 %.

Результаты исследований. Перевод СЭУ на газообразное топливо, такое как метан, пропан-бутан, водород, позволяет получать в выхлопе экологически чистые отработавшие газы. Сжигание природного газа по газодизельному циклу в сочетании с повышенным наддувом позволяет получить эмиссию NO_x на уровне $3,5 \div 4,0$ г/(кВт·ч), снизить CO_2 на 30 %, что приводит к уменьшению теплового загрязнения окружающей среды и уменьшению штрафов, налагаемых на речной и морской транспорт.

Поэтому при «Разработке эффективных и оптимальных схем очистки ОГ СЭУ» необходимо учитывать тип дизеля, режим его работы, тип топлива и состав его примесей, а также назначение тяговой единицы. Каждый из используемых элементов такой комбинированной системы должен вносить свой вклад в повышение экологической чистоты без ущерба для экономичности двигателей.

Сажа сама по себе нетоксична, но она адсорбирует на поверхности частиц канцерогенные полициклические углеводороды, в том числе наиболее вредный и токсичный бенз(а)пирен. При сгорании сернистых топлив образуются неорганические газы – диоксиды серы – компоненты «кислотных» дождей.

В настоящее время продолжается поиск конструктивных решений, альтернативных топлив, присадок для снижения загрязнений атмосферы отработавшими газами СЭУ. Наиболее эффективными направлениями из них являются следующие:

- совершенствование конструкций камер сгорания двигателей;
- совершенствование способов смесеобразования и сгорания;
- применение присадок к топливу, снижающие содержание загрязняющих веществ в отработавших газах СЭУ;
- применение газообразных топлив;
- применение катализаторов.

Анализ применяемых методов и конструктивных решений, показывает, что разработка и использование эффективных катализаторов является простым и экономичным направлением снижения выбросов не только оксидов углерода, но и других токсичных органических веществ отработавших газов СЭУ.

Современные комплексные системы очистки отработавших газов для дизелей состоят из каталитических и жидкостных нейтрализаторов, а также сажевых фильтров. Для уменьшения дымности дизельного двигателя создана присадка на основе бария, которая снижает выброс сажи на 70-90% и одновременно уменьшает содержание бенз(а)пирена на 45%.

На основании проведенного анализа и обобщения методов очистки ОГ СЭУ и проведенных нами исследований представляется эффективным комплексная очистка, включающая очистку ОГ СЭУ от сажи и гетерогенно-каталитическую очистку от токсичных соединений.

Выводы. Для этого нами сформулированы следующие требования к катализатору очистки ОГ СЭУ:

- 1) высокая каталитическая активность;
- 2) низкая стоимость за счет исключения из состава катализаторов драгоценных металлов;
- 3) длительный технологический пробег катализатора (не менее 100.000 км);
- 4) высокая механическая прочность;
- 5) стабильность на истирание и пылеобразование при вибрационных и колебательных воздействиях на катализатор.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толшин В.И., Якунчинков В.В. Режимы работы и токсичные выбросы отработанных газов судовых дизелей. – М.: МГАВТ, 1999. – 190 с.
2. Антонов В.Ф. Мембранный транспорт // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – №6. – С. 14-20.
3. Хванг С.-Т. Мембранные процессы разделения / Хванг С.-Т., Каммермейер К.; пер. с англ. – М.: Химия, 1981. – 463 с.
4. Леонов В.Е. Теоретические основы защиты окружающей среды: учебное пособие. – Новосибирск: НГАВТ, 2003. – 178 с.
5. Леонов В.Е. Основы экологии и охраны окружающей среды: монография / Леонов В.Е., Ходаковский В.Ф., Куликова Л.Б.; под редакцией Леонова В.Е. – Херсон: Изд-во ХГМИ, 2010. – 352 с.
6. Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Дымность отработавших газов. Нормы и методы определения: ГОСТ Р 51250-99. – [Введен 2000-01-01]. – М.: Госстандарт России, Издательство стандартов, 2000. – 15 с.
7. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения: ГОСТ Р 51249-99. – [Введен 2000-01-01]. – М.: Госстандарт России, Издательство стандартов, 2000. – 20 с.
8. Горячкин А.В., Мандровский В.В., Заднепряный А.В. Повышение эффективности СЭУ танкеров при сжигании водотопливных эмульсий // Науковий вісник ХДМІ. – 2010. – № 1(2). – С. 149-156.

Леонов В.Є. САНІТАРНЕ ОЧИЩЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

У роботі виконано аналіз методів нейтралізації відпрацьованих газів суднових енергетичних установок. Розглянуто переваги і недоліки таких способів очищення і нейтралізації відпрацьованих газів СЕУ, як конденсація, мембранне розділення, абсорбція, адсорбція, піроліз, гетерогенно-каталітичні методи окислення і відновлення токсичних з'єднань до нейтральних з'єднань.

Розроблено пропозиції по створенню ефективних каталізаторів нейтралізації токсичних з'єднань відпрацьованих газів СЕУ.

Ключові слова: каталізатор, нейтралізація, токсичні речовини, відпрацьовані гази, пробіг каталізатора.

Leonov V.E. SANITARY CLEANING OF EXHAUST GASES FROM SHIP POWER PLANTS

The analysis of methods of neutralization of exhaust gases from ship power plants (SPP) is carried out in the paper. Advantages and disadvantages of such methods of cleaning and neutralization of exhaust gases from ship power plants as condensation, membrane separation, absorption, pyrolysis, heterogeneous catalytic methods of oxidation and reduction of toxic compounds up to neutral compounds are considered. Proposals are worked out to create effective catalysts for neutralization of toxic compounds in exhaust gases from SPP.

Key words: exhaust gases, neutralization, ship power plant, toxic compounds.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕНСОРНОГО РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ БЕСКОНТАКТНОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Малыгин Б.В., Кавун В.И., Дюдяева О.А., Дворник А.С.,
Херсонский государственный морской институт*

В статье рассмотрены возможности технологии сенсорного радиозондирования для проведения бесконтактного неразрушающего контроля надёжности работы инструмента и деталей машин. С помощью предложенной технологии можно выполнять общий и специальный предварительный контроль состояния изделия или отдельных его участков. Принцип действия аппарата, построенного на основе данной технологии, представляет собой интегральный анализ суммарного радиоспектра излучения конкретного участка изделия, что позволяет судить о степени его радиоспособности.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, надёжность работы инструмента и деталей машин, технология сенсорного радиозондирования, радиоспектр излучения.

Введение. Неразрушающий контроль (оценка надёжности неразрушающими методами, или проверка без разрушения изделия) – контроль свойств и параметров объекта, при котором не должна быть нарушена пригодность объекта к использованию и эксплуатации. Такой контроль особенно важен при создании и эксплуатации жизненно важных изделий, компонентов и конструкций; для выявления различных изъянов, таких как разъедание, ржавление, растрескивание.

Актуальность проблемы. История изучения и практического использования методов неразрушающего контроля (НК) и технической диагностики насчитывает уже около 80 лет. Ещё в 30-е годы прошлого века повсеместно ставились задачи безразборной электромагнитной дефектоскопии металлических деталей и узлов. Особенно активно эта проблема решалась в 60-е годы в металлургической отрасли, где настоятельно требовались контроль технологических процессов сварки и диагностика сварных соединений.

Позже сфера применения методов расширялась и охватывала практически всю промышленность, в том числе нефтяную, газовую, аэрокосмическую, химическую, другие производственные отрасли, транспорт. Постепенно процесс контроля отдельных технологических процессов изготовления и качества отдельных наиболее важных деталей стал применяться и при диагностике крупных узлов, механизмов, агрегатов, машин, а затем и их комплексов. Естественным итогом стала необходимость создания специальных диагностических систем на всех важных технических объектах, потенциально опасных для жизни людей, которые должны были

контролировать в реальном времени надёжность объектов и их остаточный ресурс.

Сегодня используется достаточно широкий диапазон различных методов неразрушающего контроля. Это и рентгеновские лучи, на снимках, с использованием которых хорошо видны трещины, каверны и неоднородности материала или сварочного шва. Или ультразвук, где трещины проявляют себя всплесками эхо-импульсов на экране контроллера. К сожалению, трудности контроля надёжности работы инструмента, деталей машин и механизмов в машино- и судостроении, высокая стоимость специальной диагностики тормозит её внедрение.

Изложение основного материала. С целью решения поставленной задачи и ее упрощения лабораторией ресурсосберегающих технологий института разработана технология и аппаратура с использованием сенсорного радиозондирования, позволяющая провести предварительный контроль работоспособности изделия. Разработанные новые установки серии «Металл Детектор» прошли промышленную апробацию в течение 1990-2010 гг. на более чем 60 предприятиях Украины и зарубежья.

Методика диагностики на аппаратах системы «Металл-Детектор» базируется на аналитическом сравнении излучения радиологического поля (энергетический спектр объекта), которое излучает конкретный образец со знанием энергетического спектра поля изделия при его оптимальном состоянии.

Контроль по спектру поля конкретных участков объекта называется сенсорным зондированием. Контроль состояния ведется с учётом реакции обратных связей в энергосистеме объекта. Такая методика нашла применение в космонавтике, космической биологии, космической медицине, а также в специальной технике. В передовых зарубежных странах подобные методы применяются при стратегических исследованиях объектов, в некоторых разделах металлодиагностики, а также экстрасенсорике второго, третьего и четвёртого уровней.

Эталонные нормальные значения энергии спектра поля конкретных изделий общеизвестны. Их закладывают при изготовлении и настройке приборов. Методика диагностики на аппаратах системы «Металл-Детектор» технологически универсальна, абсолютно безопасна и безвредна. Предлагаемая диагностика дополняется и корректируется традиционными методами неразрушающего контроля. При этом результаты на аппаратах данной серии сочетаются с уточняющими результатами таких традиционных методов контроля, как рентген, УЗИ, металлография и т.п., что облегчает задачу классического анализа и позволяет вести более качественный контроль. Предлагаемые методы и аппараты эффективны для оперативного анализа мест участков вероятного разрушения.

Кроме этого, они незаменимы при ранней диагностике состояния изделий и могут быть применены при выполнении следующего:

1. Проверка общего состояния инструмента или деталей машин.

2. Установка наличия невозможных нарушений, как в отдельных участках изделий, так и в его общей структуре.
3. Определение предрасположенности механизма к выработке ресурса.
4. Определение наличия мест вероятного разрушения.
5. Определение наличия в конкретных изделиях особо опасных участков, локальных мест возможных аварий и т.п.
6. Определение степени надежности, а также локализации нарушений и концентраций внутренних напряжений.
7. Определение недостатков термообработки заготовок, деталей, инструмента, образцов.
8. Определение наличия уплотнений или неоднородностей в металлических образцах.
9. Определение области начальных разрушений.
10. Определение наличия микрорадиационных включений (если таковые имеются).
11. Определение недостатков конструкции при обработке «на отказ».
12. Предварительное заключение по вероятной работоспособности изделия.

Работа проводилась по двум направлениям. Была изготовлена аппаратура следующих типов: «Магнитрон-детектор-Универсал» (одноканальный аппарат со средней чувствительностью) – для универсального применения и «Магнитрон-Элита» (специализированный шестиканальный диагностический аппарат повышенной избирательности и чувствительности) предназначен для проведения научно-исследовательской работы. Основные технические характеристики разработанной аппаратуры приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики аппаратов «Магнитрон-детектор-Универсал» «Магнитрон-Элита»

№	Технические характеристики	М-Универсал	М-Элита
1	2	3	4
1	Напряжение питания постоянным током, В	9	9
2	Чувствительность суммарная, МкВ/мин.	0,1...1000	0,001...10000
3	Чувствительность по микропотенциалу, МкВ/мин.	0,05...100	0,01...20
4	Время установления рабочего режима, сек.	40...50	20...60
5	Время диагностики конкретного участка изделия, сек.	20...40	30...50

Продолжение таблицы 1

6	Программа анализа (число контролируемых параметров)	1...5	3...10
	а) образцы металла	10...22	10...56
	б) инструмент	84...100	84...100
	в) детали машин	20...135	20...400
7	Глубина анализа, мм	0,5...200,0	0,5...200,0
8	Время полного анализа, мин. (макс.)	24	24
	селективного анализа, мин.	1...3	3...5
9	Количество проверяемых образцов (изделий), единиц/смена	100...1000	50...400
10	Масса, не более, г	300	460

Примечание. Опыты показали, что основная погрешность при работе аппаратов не превышала 10...20%.

Аппараты системы «Металл-Детектор» состоят из силового блока, блока управления, блока измерения интегрального излучения конкретных участков металлических изделий и блока информации. Управляется аппарат микропроцессором (рис. 1).

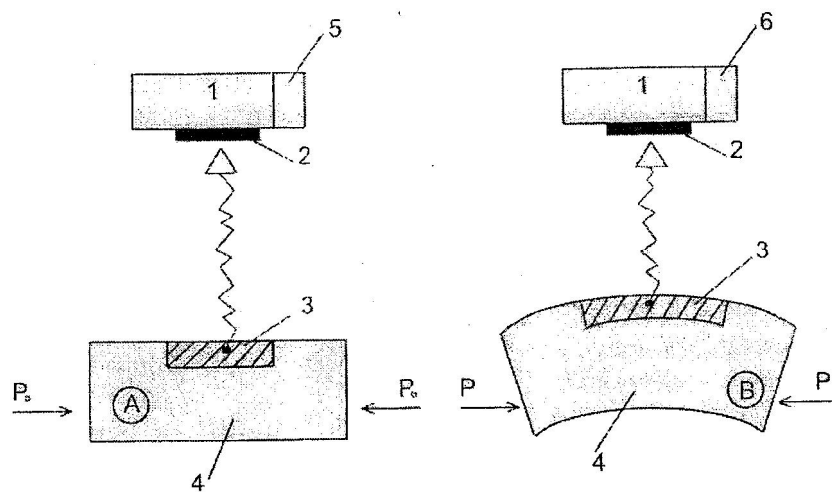


Рисунок 1 – Внешний вид аппарата и устройства управления его работой

- 1 – источник питания (9 В); 2 – кнопки пуска и остановки;
 3 – звуковая информация; 4 – цифровое табло;
 5 – индикатор напряжения; 6 – кнопка сброса информации;
 7 – рабочая камера

В аппарате предусмотрен контроль напряжения батареи питания. Блок информации аппарата обеспечивает цифровую и звуковую сигнализацию при контроле излучения объекта. Измерение ведется автоматически.

На рисунке 2 представлена схема неразрушающего контроля состояния изделий (отдельного образца, инструмента, детали машин).

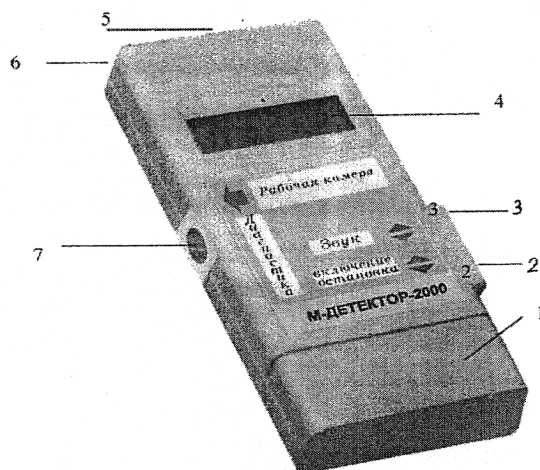


Рисунок 2 – Схема неразрушающего контроля состояния изделия

1 – прибор «Металл-Детектор»; 2 – рабочая камера; 3 – контролируемый участок; 4 – изделие (А, В); 5, 6 – световое табло (информация W); А – оптимальные концентрации напряжений; В – опасные концентрации напряжений; $P_0 = 0$; $P \neq 0$, $P = P_1$, $W_5 \neq W_6$

По результатам проведенных исследований были получены данные по микрорадиоизлучениям образцов изделий в ненагруженном состоянии, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Некоторые значения контроля микрорадиоизлучения образцов изделий при ненагруженном состоянии на аппарате «Металл-детектор»

№	Наименование сплава образцов	Условные единицы
1	Стали углеродистые	13...14
2	Чугун серый и специальный	10...15
3	Сплавы меди	9...14
4	Сплавы титана	10...14
5	Малоуглеродистые стали	10...16
6	Автоматные стали	12...14
7	Хлористые стали	12...15
8	Хромоникелевые стали	9...14
9	Хромоникельмолибденовые стали	8...15
10	Цементируемые хромистые стали	10...14
11	Улучшаемые хромистые стали	9...14
12	Сталь 08X22H6T	12...14
13	Сталь 08X26H6M2T	10...15
14	Сталь 08X18H10	10...14
15	Сталь 08X18H10T	13...14
16	Образцы сплава титана (BT-2)	10...15
17	Образцы хрома CX-28	10...14
18	Стали 08X17H13M2T	10...14

Продолжение таблицы 2

19	Никель (штейн)	13...14
20	Лопатки турбин (ГРЭС)	12...16
21	Лопатки турбин (АЭС)	12...14
22	Лопатки турбин после упрочнения МИО	8...10

Выводы. С помощью разработанной технологии и изготовленных аппаратов можно выполнять общий и специальный предварительный контроль состояния изделия или отдельных его участков. Принцип действия аппарата – интегральный анализ суммарного радиоспектра излучения конкретного участка изделия, позволяет судить о степени его радиоспособности. Диагностика осуществляется локально, объемно или поверхностно. Заключение о нарушении в отдельных участках или объектах в целом по результатам работы аппарата делает специалист – металлург.

Полученные результаты опытов, проведенных на судостроительных и машиностроительных заводах подтвердили перспективу применения указанной аппаратуры для предварительной оценки локальных мест разрушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на винахід 12455 України, МПК А61Н 2/00. Магнітотерапевтична установка «Магнітрон» / Малигін Б.В.; заявник і патентовласник Малигін Б.В. – № 95073190; заявл. 07.07.1995; опубл. 28.02.1997, Бюл. № 1.

2. Патент на винахід 44725 України, МПК С21D 10/00, В23Р 25/00. Магнітоімпульсна установка / Малигін Б.В.; заявник і патентовласник Малигін Б.В. – № 96073027; заявл. 29.07.1996; опубл. 15.03.2002, Бюл. № 3.

3. Малигін Б.В. Практичне застосування прикладного магнетизму в науці та техніці: матеріали конференції [«Ресурсозберігаючі технології та апаратура у гірничодобувній промисловості»]. – Кривий Ріг: «ООО ІнГок», 2005. – 36 с.

4. Малыгин Б.В., Лемещенко Е.Б. Новое в прикладном магнетизме. Теория. Технология. Практика: труды Международной научно-технической конференции [«Магнитно-импульсная обработка материалов. Пути совершенствования и развития», МИОМ-2007], (Самара, 18-19 сент. 2007 г.) / СГАУ. – Самара: Изд-во учебной литературы, 2007. – С. 135-138.

5. Малыгин Б.В., Бень А.П., Лемещенко Е.Б. Применение управляемого прикладного магнетизма. Теория. Технология. Практика: материалы I міжнар. конференції [«Radio electronics, Informatics, Technology»], (Кишинів, 15-16 жовтня, 2008 р.) / Академія Наук Молдови. – Кишинів: Техн. університет Молдови, 2008. – С. 281-284.

6. Малыгин Б.В. Магнитное упрочнение изделий (Теория и практика): монографія / Б.В. Малыгин, А.П. Бень. – Херсон: Издательство ХГМИ, 2009. – 352 с.

7. Малыгин Б.В. Новое в теории и практике прикладного магнетизма: труды 3-й Международной научно-технической конференции [Металлофизика, механика материалов, наноструктур и процессов деформирования, «Металлдеформ-2009»], (3-5 июня 2009 г., Самара). – Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2009. – С. 16

8. Малыгин Б.В., Бень А.П., Коломеец В.В., Дюдяева О.А. Прикладной магнетизм как одно из направлений практического улучшения экономики машино- и судостроения // Науковий вісник ХДМІ. – 2010. – №1(2). – С. 137-142.

9. Боровков У.И., Малыгин Б.В., Рябинин Л.И. О новых возможностях прикладного магнетизма в технике, промышленности и медицине // Межакадемический информационный бюллетень «Международная Академия». Международная академия «Информация, связь, управление в технике, природе». – 2010. – Спец. вып. январь. – СПб: Изд-во «Интан». – С. 5-65.

Малигін Б.В., Кавун В.І., Дюдяєва О.А., Дворнік А.С. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СЕНСОРНОГО РАДІОЗОНДУВАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ БЕЗКОНТАКТНОГО НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ІНСТРУМЕНТУ І ДЕТАЛЕЙ МАШИН

У статті розглянуто можливості технології сенсорного радіозондування для проведення безконтактного неруйнівного контролю надійності роботи інструменту і деталей машин. За допомогою запропонованої технології можна виконувати загальний і спеціальний попередній контроль стану виробу або окремих його ділянок. Принцип дії апарату, побудованого на основі даної технології, є інтегральний аналіз сумарного радіоспектру випромінювання конкретної ділянки виробу, що дозволяє судити про ступінь його радіоздібності.

Ключові слова: неруйнівний контроль, надійність роботи інструменту і деталей машин, технологія сенсорного радіозондування, радіоспектр випромінювання.

Малыгин Б.В., Кавун В.И., Дюдяева О.А., Дворник А.С. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕНСОРНОГО РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ БЕСКОНТАКТНОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В статье рассмотрены возможности технологии сенсорного радиозондирования для проведения бесконтактного неразрушающего контроля надёжности работы инструмента и деталей машин. С помощью предложенной технологии можно выполнять общий и специальный предварительный контроль состояния изделия или отдельных его участков. Принцип действия аппарата, построенного на основе данной технологии, представляет собой интегральный анализ суммарного радиоспектра излучения конкретного участка изделия, что позволяет судить о степени его радиоспособности.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, надёжность работы инструмента и деталей машин, технология сенсорного радиозондирования, радиоспектр излучения.

УДК 519.95

ВЕРОЯТНОСТНА АКСИОМАТИКА ГЕОМЕТРИИ

*Богданов А.В.,**Европейский университет, Херсонский филиал*

В работе показано, что для определения и описания основных свойств геометрических фигур достаточно 4-х переменных, характеризующих свойства пространства. Даны определения ряда неопределяемых в геометрии понятий (множество, прямая, плоскость и т.д.), а также предложена компромиссная формулировка определения параллельности прямых, удовлетворяющая геометрии Евклида и Лобачевского.

Ключевые слова: аксиоматика геометрии, теория вероятности, параллельные прямые.

Введение. Современный аксиоматический метод в геометрии основывается на системе аксиом Гильберта (1899 г.). Все фигуры согласно Гильберту разбиваются на три множества фигур: точки, прямые и плоскости, находящиеся в трёх основных отношениях: "принадлежать", "лежать между" и "конгруэнтности". Вне зависимости от природы понятий они должны удовлетворять 20 аксиомам, разделяющимся на 5 групп. В данной работе все геометрические фигуры разделены по количеству независимых точек (от 1 до 4). Для установления связи между элементами фигур используется теория вероятности и, в частности, правила комбинаторики.

Недостатками современных аксиоматик геометрий А.В. Погорелова, Л.С. Атанасяна и др. [1, 2] является значительная их сложность, необходимость использования многих десятков аксиом, неопределяемых понятий и искусственного разделения и противопоставления геометрий Евклида, в частности его 5-го постулата, и Лобачевского.

В 5-ом постулате Евклида (и если прямая, падающая на две прямые, образует внутренние и по одну сторону углы, меньшие двух прямых, то продолженные неограниченно эти прямые встретятся с той стороны, где углы меньше двух прямых (рис. 1, а) нет утверждения о прямых на плоскости, которые не пересекаются.

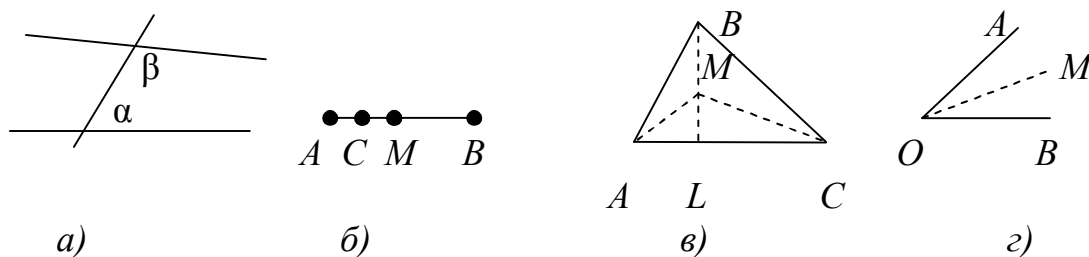


Рисунок 1 – Простейшие прямолинейные фигуры на плоскости:
 а – параллельные прямые, б – отрезок, в – треугольник, г – плоский угол

Актуальность предлагаемой работы заключается в значительном уменьшении указанных недостатков аксиоматик геометрии, что особенно важно в эпоху информационных технологий, а также в сокращении времени изучения геометрии, что должно дать значительный экономический эффект.

Целью работы является определение и описание геометрических фигур, а также определение ряда неопределяемых понятий, с помощью четырёх независимых переменных, характеризующих свойства пространства и теории вероятностей. Использование четырёх указанных свойств пространства позволяет значительно сократить число используемых аксиом и неопределяемых понятий (множество, прямая, плоскость и т.д.), а также более логично определить соотношение между геометрией Евклида и неевклидовыми геометриями.

Постановка задачи. Вероятностная аксиоматика использует 3-мерное пространство (вместо 4-мерного пространства, используемого в неевклидовых геометриях), состоящее из точек. Точки обладают 4-мя независимыми свойствами в пространстве: местоположением (кратчайшим расстоянием) и 3-мя независимыми (взаимно перпендикулярными) направлениями и подчиняются вероятностным законам. Совокупность точек (предметов, чисел), обладающих одним или несколькими общими свойствами назовём (основным) множеством. Точки, входящие во множество и отличающиеся между собой только одним свойством, назовём его элементами. Элементы множества считаются одинаковыми и независимыми, т.к. отличаются только одним свойством. Элементы множества, имеющие два разные свойства, одно из которых характерно для всех элементов основного множества, а второе – только для данных элементов, составляют подмножество.

Множество точек, сгруппированное по какому-либо свойству пространства, назовём геометрической фигурой (в дальнейшем – фигурой). Количество независимых переменных (точек), однозначно определяющих фигуру в пространстве, называется её рангом. Количество возможных независимых направлений, образуемых любыми двумя точками фигуры или пространства, в котором рассматривается фигура, называется их мерностью. Мерность фигуры (пространства) всегда на единицу меньше её (его) ранга. Предполагается, что пространство однородно по расстоянию и направлению, т.е. свойства пространства не зависят от взаимного расположения точек и направления.

Независимые элементы фигур назовём действительными фигурами, а зависимые – мнимыми фигурами. Фигуры разделяются на простейшие и сложные. Фигуры, число действительных элементов которых подчиняется правилам комбинаторики, назовём простейшими фигурами. Элементы простейших фигур также являются простейшими фигурами, но меньшего ранга. К простейшим одномерным фигурам относятся: отрезок (его длина), луч, прямая. К двумерным фигурам относятся: плоскость, полуплоскость, треугольник (его периметр и площадь), плоский угол (его величина),

окружность, круг (его площадь). К трёхмерным фигурам относятся: полупространство, тетраэдр (его поверхность и объём), двухгранный угол, трёхгранный угол, сфера, полусфера, шар (его площадь поверхности и объём). Фигуры, состоящие из нескольких простейших фигур, назовём сложными фигурами.

Все точки пространства разделяются на обыкновенные и несобственные, находящиеся в бесконечности. Обыкновенные и несобственные точки относятся к разным множествам: первые к множеству рациональных чисел, вторые к множеству, состоящему из двух элементов: $\{0, \infty\}$. Увидеть или измерить фигуры, соответствующие второму множеству, человек принципиально не может.

Фигуры разделяются на замкнутые, в которых существует длина (площадь, объём), и незамкнутые фигуры, неудовлетворяющие данному условию. К простейшим незамкнутым фигурам относятся: луч, прямая, плоскость, полуплоскость, плоский угол, полупространство, двугранный угол, трёхгранный угол. К простейшим замкнутым фигурам относятся: отрезок (его длина), треугольник (его периметр и площадь), тетраэдр (его поверхность и объём), сфера, полусфера, шар (его площадь поверхности и объём).

Точка имеет только одно свойство – местоположение в пространстве. Мерность точки считается равной нулю т.к. она не образует направления в пространстве и имеет ранг равный единице (её размеры бесконечно малые). Граничными фигурами отрезка являются его граничные точки; треугольника – отрезки (стороны); тетраэдра – грани (треугольники). Мнимые точки определяют мнимые элементы фигур, в частности, длину, площадь и объём.

Правила комбинаторики применимы для множеств с одинаковыми и независимыми элементами. В одномерных фигурах это точки, в плоских – вершины и стороны, в 3-мерных – вершины, рёбра и грани. Действительные элементы фигур определяют форму и внешние характеристики фигуры. Сочетание действительных точек определяет вид фигуры, а перестановка – знак "+" и "-" численного значения её величины или её положение в пространстве. При наличии во множествах элементов с двумя и более свойствами число комбинаций элементов перемножается соответствующее число раз.

Решение задачи.

1. Одномерное пространство. Одномерное пространство однозначно определяется двумя независимыми точками. Две обыкновенные точки определяют вектор или отрезок. Отрезок можно определить либо одной его длиной ($C_2^2 = 1$), либо двумя его граничными точками ($C_2^1 = 2$). Отсюда, кратчайшее расстояние между двумя точками – отрезок их соединяющий. Одна обыкновенная и одна несобственная точка однозначно определяют луч. Перестановки точек местами ($P_2=2$) AB и BA , соответствует двум взаимно противоположным направлениям вектора или луча. Две несобственные точки определяют прямую.

Длина имеет вероятностный характер. Пусть на отрезке AB числовой прямой находится некоторая точка C , образующая отрезок AC (рис. 1, б). «Бросая» произвольно точку M на отрезок AB получим вероятность её попадания на отрезок AC равную $P(M) = \frac{AC}{AB}$. Если длину AC принять за эталон длины (м, см, и т.д.), то длину любого отрезка AB можно определить соотношением:

$$\text{длина } AB = \frac{AC}{P(M)} = (\text{эталон длины}) \times (\text{численная мера длины}),$$

где $\frac{1}{P(M)}$ – численная мера длины. Объединение точек двух отрезков AM и MB – отрезок AB достоверное событие при бросании точки M на него. Пересечение множеств точек отрезков AM и MB , за исключением самой т. M – невозможное событие и данные множества составляют противоположные события. Отсюда, сумма расстояний любой точки на отрезке до его концов постоянна по величине для всех точек отрезка и равна его длине. Длина отрезка включает только рациональные числа, т.к. определяется через дробь.

Длина отрезка – это простейшая замкнутая одномерная фигура 2-го ранга, состоящая из множества точек, сумма расстояний которых до двух заданных точек (концов отрезка) с конечным расстоянием между ними:

- 1) минимальна по сравнению из соответствующей суммой расстояний всех других точек пространства;
- 2) постоянна по величине для всех точек отрезка;
- 3) равна его длине.

2. Плоские фигуры.

1). Плоскость однозначно определяется тремя несобственными и независимыми (не лежащими на одной прямой) точками, т.е. плоскость безгранична. Комбинации 3-х обыкновенных и несобственных точек образуют различные двумерные фигуры, элементами которых могут быть одномерные фигуры и точки.

2). Полуплоскость определяется тремя независимыми точками, одна из которых обыкновенная, а две – несобственные, принадлежащая прямой, ограничивающей данную плоскость.

3). Треугольник ($\triangle ABC$) состоит из трёх обыкновенных точек, названных вершинами, поочередно соединённых отрезками, названных сторонами (рис. 1, в). Треугольник – простейшая прямолинейная плоская замкнутая фигура. Число сочетаний вершин, сторон и треугольников, однозначно определяющих треугольник, вычисляется формулами комбинаторики, соответственно: $C_3^1 = 3$, $C_3^2 = 3$, $C_3^3 = 1$. Стороны треугольника являются действительными фигурами, а точки, определяющие его площадь – мнимыми. Их характеристики полностью определяются двумя независимыми свойствами: кратчайшим расстоянием до трёх его сторон и их длинами.

Вероятности нахождения любой внутренней точки треугольника относительно каждой из сторон определяются произведением указанных величин, а сумма произведений – составляет полную группу событий (площадь треугольника). Отсюда, **площадь треугольника** – это простейшая замкнутая двумерная фигура 3-го ранга, состоящая из бесконечного множества точек, сумма 3-х произведений расстояний каждой из которых до его сторон на длину этих сторон:

1) минимальна по сравнению с соответствующей суммой произведений всех других точек плоскости;

2) постоянна для всех точек площади треугольника;

3) равна его удвоенной величине.

Эталон площади вводится аналогично эталону длины. «Бросая» произвольно точку М на высоту, опущенную на одну из сторон треугольника (рис. 1, в), получим вероятность её попадания на высоту ML $P_h = \frac{ML}{BL} = \frac{S_{\Delta MAC}}{S_{\Delta BAC}}$.

Если ΔMAC – эталон площади, то $\frac{1}{P_h}$ – численная мера площади.

4). Плоский угол состоит из двух лучей, имеющих общую обыкновенную точку, называемую вершиной (рис. 1, г). Плоский угол однозначно определяется вершиной и двумя сторонами (лучами, векторами, отрезками), называемых его сторонами. Четвёртая переменная точка в плоскости угла является мнимой и может образовывать мнимый луч OM . Бросая произвольно мнимый луч OM в плоскость угла $\angle AOB$ и принимая угол $\angle AOM$ за эталонный угол, величина угла определяется выражением:

$$\angle AOB = \frac{1}{P_y} \angle AOM, \text{ где } \frac{1}{P_y} \text{ – численная мера угла.}$$

Плоский угол – простейшая плоская прямолинейная незамкнутая фигура. Величина плоского угла – это простейшая двумерная фигура 3-го ранга, состоящая из бесконечного множества лучей, образующих углы с общей вершиной и сторонами исходного угла, сумма величин которых:

1) минимальна по сравнению с соответствующей суммой углов любых других лучей с заданной вершиной и сторонами;

2) постоянна для всех мнимых лучей;

3) равна величине исходного угла.

5). Параллельными прямыми на плоскости называются прямые, имеющие одну общую несобственную точку. Одной действительной фигуры, содержащей две прямые, которые не пересекаются (т.е., независимы) на одной плоскости в предлагаемой модели не существует, т.к. каждая из прямых определяется двумя независимыми точками, а на плоскости фигура может иметь не более трёх действительных (независимых) точек. Данное определение параллельности прямых совпадает с аналогичным определением, данным в проективной геометрии и не противоречит 5-му постулату Евклида.

В 5-м постулате Евклида утверждается, что в бесконечности прямые на плоскости могут пересекаться (т.е., введено множество точек $\{0, \infty\}$), но не говорится, что они не должны пересекаться. О двух отрезках, один из которых является мнимым, можно говорить, что они параллельны, например противоположные стороны параллелограмма, если при пересечении их третьим отрезком (прямой) по одну сторону образуются внутренние углы, сумма которых равна 180° .

3. Трёхмерное пространство.

1). **Трёхмерное пространство** определяется четырьмя несобственными и независимыми (не лежащими в одной плоскости) точками, т.е. трёхмерное пространство безгранично. Комбинации 4-х обыкновенных и несобственных точек образуют различные 3-х мерные фигуры, элементами которых могут быть двумерные и одномерные фигуры.

2). **Полупространство** определяется четырьмя независимыми точками, тремя несобственными и одной – обыкновенной, принадлежащей плоскости, ограничивающей данное пространство.

3). **Скрещивающиеся прямые** образуются 4-мя несобственными точками, через каждые две из которых проведены прямые линии. Кратчайшим расстоянием между скрещивающимися прямыми называется длина перпендикуляра, соединяющая их (рис. 2, а).

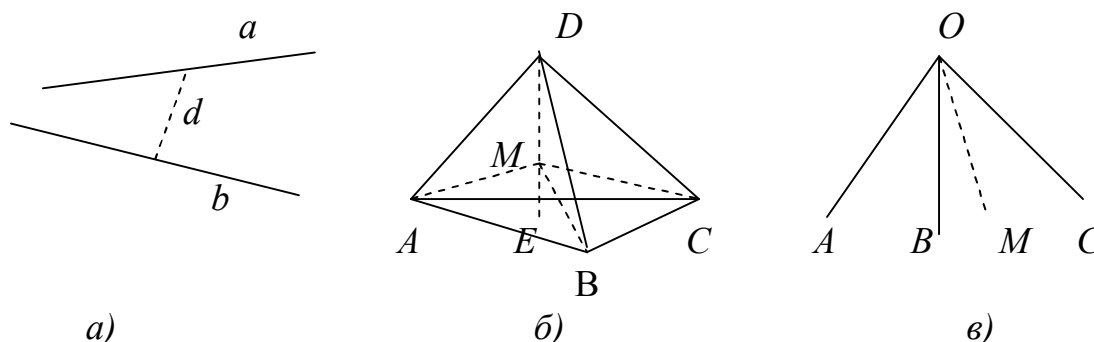


Рисунок 2 – Простейшие прямолинейные фигуры 3-мерного пространства:
 а – скрещивающиеся прямые, б – тетраэдр, в – трёхгранный угол

4). **Тетраэдр** образуется четырьмя обыкновенными точками, любые три из которых образуют грани (рис. 2, б). Число сочетаний вершин, рёбер, граней и тетраэдров, однозначно определяющих тетраэдр, равно, соответственно: $C_4^1 = 4$; $C_4^2 = 6$; $C_4^3 = 4$; $C_4^4 = 1$. Каждая внутренняя точка тетраэдра – его объём полностью определяется суммой расстояний до каждой из граней, умноженных на площадь этих граней и равняется утроенному объёму тетраэдра. Объём тетраэдра имеет вероятностный характер. Произвольная точки М внутри тетраэдра образует четыре тетраэдра, сумма объёмов которых равна объёму исходного тетраэдра или полную группу событий. Пересечение множеств точек объёмов данных тетраэдров, за исключением точек, входящих в плоскости сечения, невозможное событие. Бросая произвольно точку М на высоту, опущенную

на одну из граней тетраэдра (ΔABC) получим, что вероятность её попадания в объём тетраэдра, определяется соотношением:

$$P_V = \frac{ME}{DE} = \frac{V_{MABC}}{V_{DABC}}.$$

Если V_{MABC} принять за эталон объёма, то $\frac{1}{P_V}$ – называется численной мерой объёма.

Объём тетраэдра – это простейшая замкнутая прямолинейная 3-мерная фигура 4-го ранга, состоящая из бесконечного множества точек, сумма произведений расстояний от которых до его граней на площадь этих граней:

1) минимальна по сравнению с соответствующей суммой произведений всех других точек плоскости;

2) постоянна для всех точек тетраэдра;

3) равна утроенному его объёму.

5). Двугранный угол состоит из четырёх несобственных точек, две из которых образуют прямую, ограничивающую две полуплоскости и называемую его ребром.

6). Трёхгранный угол состоит из одной обыкновенной и трёх несобственных точек, образующих три пересекающиеся в одной точке плоскости. Трёхгранный угол однозначно определяется вершиной и тремя рёбрами (лучами, отрезками) или тремя плоскостями, имеющими одну общую точку (рис. 2, в). Пятая независимая переменная (не лежащая ни на одной из граней трёхгранного угла) точка образует мнимые углы, подчиняющиеся вероятностным законам.

Величина трёхгранного угла – это простейшая трёхмерная фигура 4-го ранга, состоящая из бесконечного числа плоских углов с общей вершиной и одной из рёбер исходного угла, сумма величин которых:

1) минимальна по сравнению с соответствующей суммой углов любых других лучей с заданной вершиной;

2) постоянна для всех мнимых лучей;

3) равна величине исходного угла.

7). Прямая, пересекающая плоскость – три независимых точки образуют плоскость, а четвёртая образует с одной из независимых точек плоскости прямую.

Двух непересекающихся плоскостей или непересекающихся прямой и плоскости, определяемых в геометрии Евклида, как параллельные, в данной модели не существует, т.к. сумма независимых точек, их образующих, больше четырёх. Параллельными назовём плоскости (или плоскость и прямую), линия (точка) пересечения которых находится в бесконечности.

Выводы.

1. Соответствие числа элементов (составляющих) геометрических фигур, правилам комбинаторики подтверждает, что их число определяется

вероятностными законами и для однозначного их определения достаточно 4-х независимых переменных.

2. С помощью теории вероятности в статье даны определения основных геометрических фигур, а также определены такие неопределяемые понятия, как прямая, плоскость, множество и т.д.

3. Определение параллельности прямых, как прямых на плоскости, пересекающихся в бесконечности, удовлетворяет как самому определению Евклида, так и выводам проективной геометрии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровик В.Н., Яковець В.П. Курс вищої геометрії: навчальний посібник. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2004. – 464 с.

2. Кожухов И.Б., Прокофьев А.А. Универсальный справочник по математике. – М.: Лист Нью, 2003. – 544 с.

Богданов О.В. ЙМОВІРНОСНА АКСІОМАТИКА ГЕОМЕТРІЇ

У роботі показано, що для визначення й опису основних властивостей геометричних фігур достатньо 4-х перемінних, які характеризують властивості простору. Дано визначення ряду невизначуваних у геометрії понять (множина, пряма, площина тощо), а також запропоновано компромісне формулювання визначення паралельності прямих, що задовольняє геометрії Евкліда і Лобачевського.

Ключові слова: аксіоматика геометрії, теорія ймовірностей, паралельні прямі.

Bogdanov A.V. PROBABILISTIC AXIOMATIC GEOMETRY

In the paper it is shown that to define and describe major properties of geometrical figures four variable is enough, characterizing space properties. It is given some indefinable in geometrics notions (multitude, straight line, platitude and so on), and also given evaluation of parallel straight lines, that suits to Evcklid and Lobachevskiy geometrics.

Key words: axiomatic geometry, probability theory, parallel lines.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИ ЗГІНІ СИСТЕМИ “ЕПОКСИДНЕ КОМПОЗИТНЕ ПОКРИТТЯ – СТАЛЬНА ОСНОВА”

Букетов А.В.,

Херсонський державний морський інститут,

Стухляк П.Д., Чихіра І.В.,

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя,

Долгов М.А.,

Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка, м. Київ

Досліджено модуль пружності, когезійну і адгезійну міцність епоксидних одношарових і градієнтних захисних покриттів. Встановлено, що максимальними показниками фізико-механічних властивостей характеризуються градієнтні покриття, сформовані на основі епоксидної діанової смоли і дисперсних часток коричневого шламу, діоксиду титану і карбїду кремнію. Обґрунтовані оптимальні технологічні режими формування градієнтних покриттів.

Ключові слова: властивості, покриття, смола.

Вступ. Важливим напрямком наукових і технологічних досліджень, спрямованих на підвищення рівня протикорозійного захисту технологічного устаткування у різних галузях промисловості і машинобудування, є розробка нових методик для дослідження адгезійних і фізико-механічних властивостей композитів та захисних покриттів на їх основі. У цьому напрямку перспективним є дослідження властивостей полімерних композитних покриттів при згині, позаяк під час експлуатації деталі та вузли технологічного устаткування піддаються впливу згинаючих циклічних навантажень, що суттєво погіршує їх експлуатаційну довговічність. На сучасному етапі розвитку матеріалознавства перспективними і цікавими з наукової точки зору є дослідження властивостей і деформацій систем “покриття – основа” з використанням діаграм напруженого стану на різних етапах навантаження виробів. Аналіз таких результатів дозволяє встановити адгезійні та когезійні властивості захисних покриттів, які визначають довговічність експлуатації технологічного обладнання [1, 2].

Постановка проблеми. Відомо [3, 4], що основними напрямками підвищення ресурсу роботи машин і механізмів є розробка нових матеріалів і покриттів, що забезпечують необхідний комплекс фізико-механічних властивостей та багаторазове відновлення робочих поверхонь. Серед широкого спектру полімерних матеріалів, які використовують для антикорозійного захисту технологічного устаткування в умовах впливу агресивних середовищ і циклічних навантажень важливе місце займають захисні покриття на епоксидній основі. Епоксидні покриття відзначаються поліпшеними адгезійно-когезійними, теплофізичними, діелектричними властивостями і незначними залишковими напруженнями, які, відповідно, визначають їх довговічність при експлуатації у критичних умовах. З метою

підвищення експлуатаційних характеристик формують багатошарові захисні покриття, у яких перший шар забезпечує підвищення адгезійної міцності, а поверхневі шари поліпшують когезію і, відповідно, антикорозійні властивості матеріалів [5]. У цьому плані перспективним є використання функціонально-градієнтних покриттів (ФГП), які відзначаються поліпшеною взаємодією між шарами. Це, у свою чергу, в цілому визначає основні властивості захисних покриттів при експлуатації.

Мета роботи – дослідження адгезійних і фізико-механічних властивостей при згині одношарових та градієнтних захисних покриттів.

Матеріали і методика досліджень. У якості об'єкта досліджень обрано промисловий епоксидний олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), який характеризується високою адгезійною і когезійною міцністю, невеликою усадкою, а також достатніми технологічними властивостями при нанесенні на поверхні зі складним профілем, розвинутою сировинною базою на Україні. Для полімеризації епоксидних композицій використовували отверджувач поліетиленполіамін ПЕПА (ТУ 6-05-241-202-78). При формуванні одношарових композитних покриттів (КП) з рівномірним розподілом двокомпонентного полідисперсного наповнювача в епоксидний зв'язувач вводили частки коричневого шламу (КШ) з дисперсністю 63 мкм і вмістом 40 мас.ч., діоксиду титану з дисперсністю 10-20 мкм і вмістом 60 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру ЕД-20 і 10 мас.ч. ПЕПА (тут і далі за текстом вміст наповнювача наведено у мас.ч. на 100 мас.ч. зв'язувача). При формуванні функціонально-градієнтних покриттів вводили КШ і діоксид титану при тому ж вмісті і додатково вводили карбід кремнію при вмісті 80 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру ЕД-20.

Одношарові покриття з рівномірним розподілом двокомпонентного дисперсного наповнювача формували за такою технологією: дозування компонентів, їх гідродинамічне суміщення, введення отверджувача ПЕПА і затверджування композиції. Затверджували покриття за експериментально встановленим режимом [5]. Далі проводили дослідження зразків.

Градiєнтні покриття формували за такою технологією:

- формування адгезійного шару товщиною 100 мкм, який містить частки КШ і діоксиду титану; витримка упродовж 2 год. при температурі $T = (293 \pm 2)$ К для забезпечення взаємодії між шарами градієнтного покриття;
- нанесення корозійностійкого шару товщиною 200 мкм не пізніше, ніж за 2 год. після нанесення адгезійного шару, котрий містить карбід кремнію; витримка покриття упродовж 72 год при температурі $T = (293 \pm 2)$ К. Для стабілізації структуруючих процесів у матеріалі зразки витримували протягом $\tau = 60$ год на повітрі при температурі $T = (293 \pm 2)$ К з наступним проведенням випробувань на згин.

Для досліджень у вигляді основи використовували плоский зразок зі сталі Ст. 3, на який з одного боку основи наносили покриття. Геометричні характеристики зразка з покриттям:

- товщина: основи – $1,00 \pm 0,01$ мм, покриття – $0,4-1,4$ мм;

- довжина: основи – $90 \pm 0,1$ мм, відстань між опорами – $85 \pm 0,1$ мм, покриття – $25 \pm 0,1$ мм;

- ширина: основи і покриття – $10 \pm 0,1$ мм.

За результатами досліджень будували криві залежності “навантаження (P) – прогин (Δl)” для зразків з покриттями. Потім визначали модуль пружності (E_s), максимальні значення тангенціальних (τ) і нормальних (σ) напружень, які характеризують відповідно адгезійну та когезійну міцність покриттів.

Дотичні напруження в області адгезійного контакту основи і покриття визначали з виразу:

$$\tau = \frac{P}{2} \cdot \frac{[2eH + H^2]}{J_s + \frac{E_c}{E_s} J_c},$$

де P – навантаження, яке спричиняє відшарування покриття;

J_s, J_c – моменти інерції основи і покриття відповідно;

e – відстань нейтральної лінії від поверхні основи, яка визначається геометричними і пружними характеристиками системи “основа – покриття”:

$$e = \frac{E_c h^2 - E_s H^2}{2[E_c h + E_s H]},$$

де H – товщина основи;

h – товщина покриття;

E_s, E_c – модуль пружності основи і покриття відповідно.

Максимальні нормальні напруження, які викликають розтріскування покриття і характеризують його когезійну міцність при згині, визначали з виразу:

$$\sigma_{coh} = -\frac{P_{coh} l}{4} \cdot \frac{(e-h)E_c}{J_s E_s + J_c E_c},$$

де P_{coh} – навантаження, яке спричиняє розтріскування покриття;

l – відстань між опорами.

Результати досліджень та їх обговорення. Дослідження зразків провели на триточковий згин. Місця виникнення критичних дотичних (τ) і нормальних (σ) напружень, які спричиняють відшарування і розтріскування покриття відповідно показано на рисунку 1. Типову криву “навантаження – прогин” для зразка з покриттям наведено на рисунку 2. Різке падіння навантаження пояснюють відшаруванням покриття.

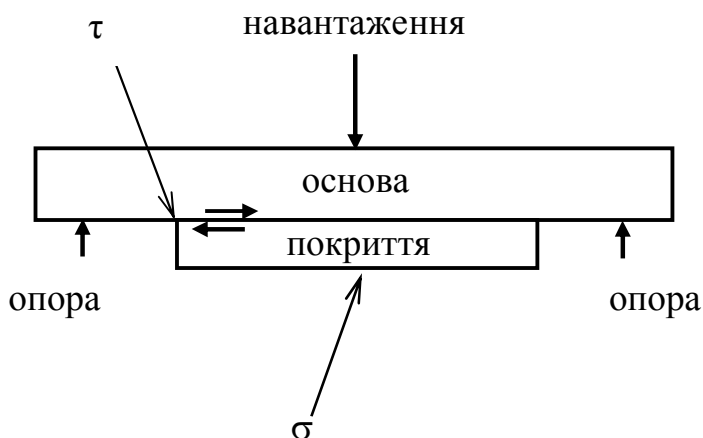


Рисунок 1 – Схема досліджень зразків на триточковий згин

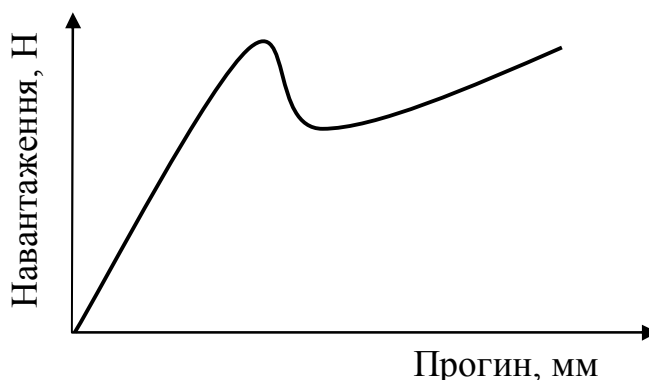


Рисунок 2 – Типова крива “навантаження – прогин” для зразка з покриттям

Записували діаграми згину зразків з покриттями (рис. 3-5). Фіксували деформації, за яких відбувається розтріскування і відшарування покриттів. У результаті аналізу кривих деформування зразків встановлено, що руйнування покриттів відбувається у пружній області деформації системи “покриття – основа”. Доведено, що у пружній області деформації системи “покриття – основа” криві є ідентичними, що свідчить про несуттєвий вплив покриттів на зміну модуля пружності основи (рис. 3-5). На основі цього можна стверджувати, що захисні епоксикомпозитні покриття не суттєво впливають на підвищення характеристик міцності сталюї основи при її деформації у пружній області. Водночас показано, що під час збільшення сили навантаження (при переході в область пластичних деформацій) товщина покриття має важливе значення. Зокрема встановлено, що для досягнення прогину у діапазоні $\Delta l = 7-9$ мм сталі з покриттям на основі ненаповненої матриці товщиною 0,4 мм необхідно прикласти навантаження $P = 420-440$ Н (рис. 3). Тоді як для досягнення аналогічного прогину сталі з покриттям товщиною 0,7 мм необхідно прикласти навантаження $P = 600-640$ Н. Це свідчить, що товщина покриття впливає на властивості системи “покриття –

основа” при згині у даній області деформацій. Отримані дані можна пояснити адгезійною взаємодією покриття з основою, а також поліпшеними когезійними властивостями захисних покриттів, які при пластичній деформації сталі поліпшують її характеристики.

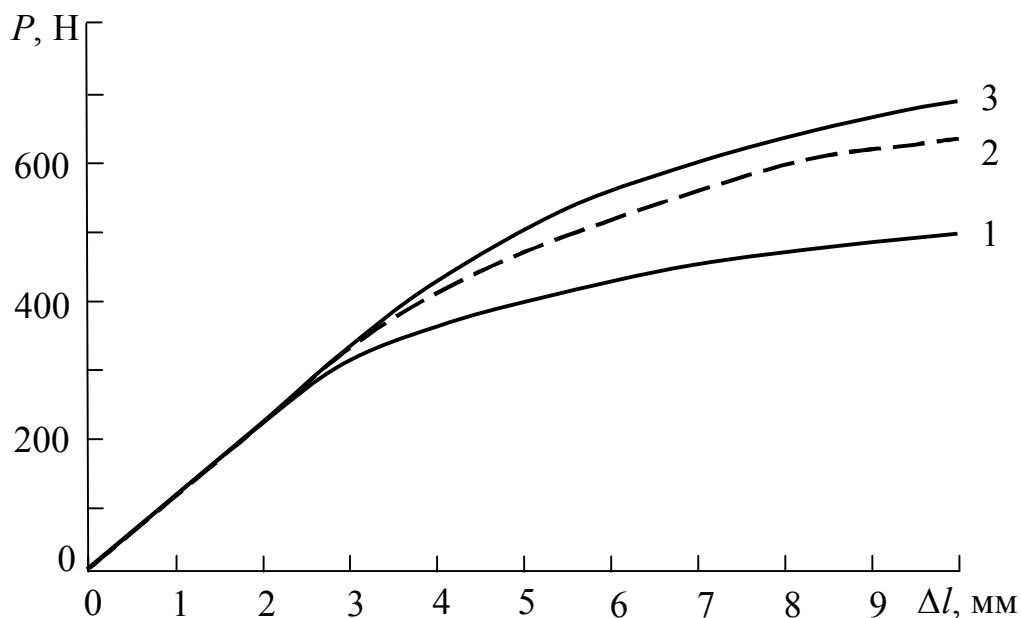


Рисунок 3 – Криві деформування зразків зі сталі з покриттям на основі ненаповненої матриці при товщині покриття, мм: 1 – 0,4; 2 – 0,6; 3 – 0,7

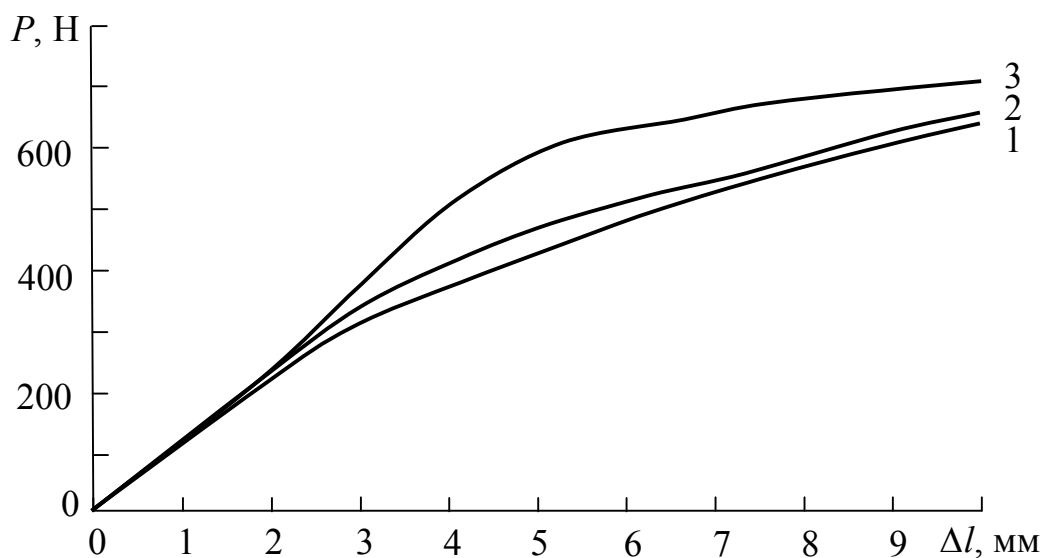


Рисунок 4 – Криві деформування зразків зі сталі з одношаровим покриттям (матриця + КШ + TiO_2) при товщині покриття, мм: 1 – 0,4; 2 – 0,6; 3 – 1,1

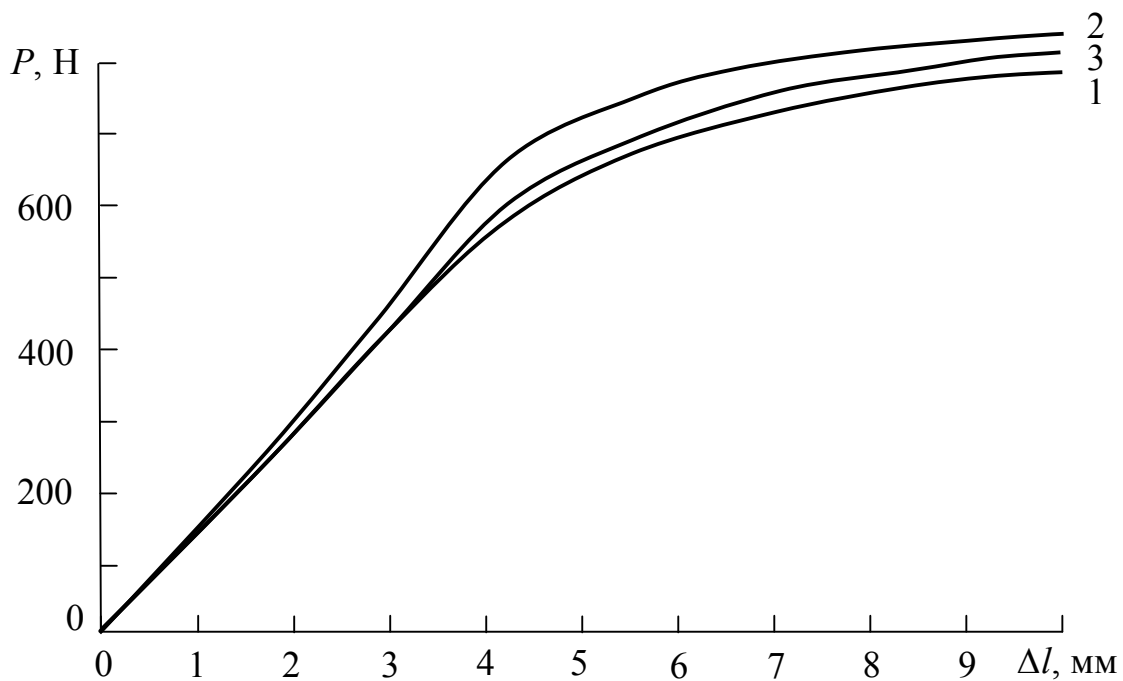


Рисунок 5 – Криві деформування зразків зі сталі з градієнтним покриттям (матриця + КШ + TiO_2 + SiC) при товщині покриття, мм: 1 – 0,6; 2 – 1,0; 3 – 1,3

Стадії росту тріщини під час дослідження зразка з покриттям при згині наведено на рисунку 6.

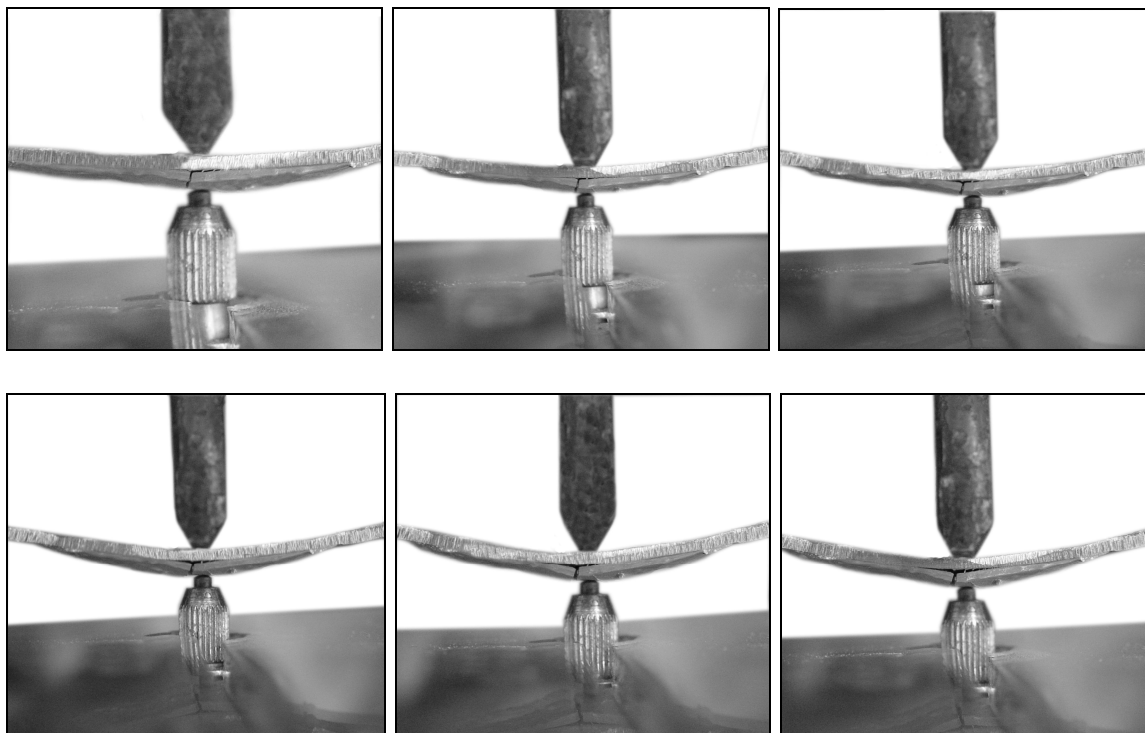


Рисунок 6 – Стадії росту тріщини при згині покриття

Встановлено, що покриття при згині, в основному, руйнуються у місці прикладання навантаження. Виняток становлять лише функціонально-градієнтні покриття товщиною 1,3 мм, відшарування яких спостерігали у місці стику з основою. Після руйнування покриття спостерігали поширення тріщини спочатку в одному напрямку (ліворуч від осі), внаслідок чого відбувалось відшарування частини адгезиву (рис. 6). На наступних етапах збільшення навантаження спостерігали утворення і поширення тріщини в протилежному напрямку, що зумовило відшарування іншої частини покриття.

Результати дослідження модуля пружності, когезійної та адгезійної міцностей покриттів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості захисних покриттів

Матеріал	Товщина, h, мм	Eс, ГПа	σ , МПа	τ , МПа	Параметри, при яких руйнувалось покриття		Вид руйнування покриття
					P, Н	Δl , мм	
Матриця	0,4	3,6	9,4	33,0	310	7,5	розтріскування
Матриця	0,6	3,6	14,8	42,7	400	7,6	розтріскування
Матриця	0,7	3,6	15,4	45,6	380	7,0	розтріскування
КП	0,4	6,4	31,3	61,9	580	1,1	розтріскування
КП	0,6	6,4	41,2	66,5	620	2,0	розтріскування
КП	1,1	6,4	51,7	56,6	520	4,0	розтріскування
ФГП	0,6	7,2	56,2	68,1	720	4,5	розтріскування
ФГП	1,0	7,2	59,4	63,8	695	4,0	розтріскування
ФГП	1,3	7,2	58,9	39,7	640	3,5	відшарування

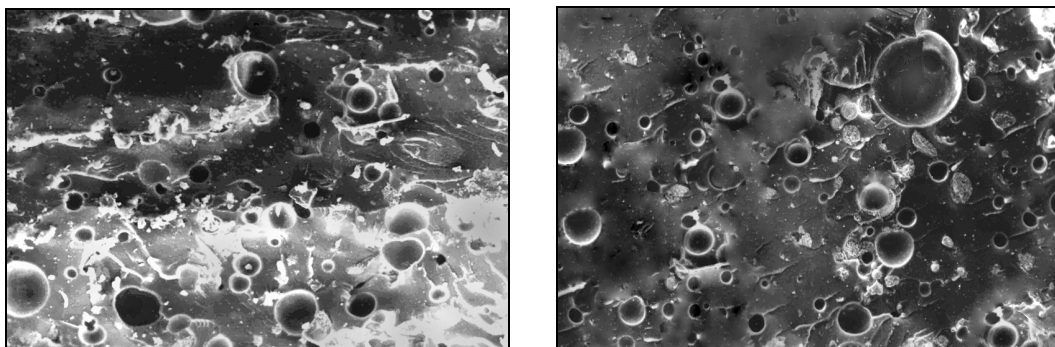
Крім того встановлено, що зі збільшенням товщини покриттів їх когезійна міцність зростає (табл. 1). Показано, що збільшення товщини покриттів на основі ненаповненої епоксидної матриці від 0,4 до 0,7 мм забезпечує збільшення максимальних нормальних напружень від $\sigma = 9,4$ до $\sigma = 15,4$ МПа (табл. 1). Одночасно збільшення товщини КП з дисперсними частками від 0,4 до 1,1 мм забезпечує збільшення максимальних нормальних напружень від $\sigma = 31,3$ до $\sigma = 51,7$ МПа. Встановлено, що це пов'язано з підвищенням когезійної міцності покриттів при введенні дисперсних часток за оптимального вмісту. Крім того, максимальними когезійними властивостями характеризуються функціонально-градієнтні покриття. Збільшення товщини таких покриттів від 0,6 до 1,0 мм забезпечує підвищення максимальних нормальних напружень від $\sigma = 56,2$ до $\sigma = 59,4$ МПа. Водночас надалі збільшення товщини покриттів до 1,3 мм призводить до зменшення максимальних нормальних напружень до $\sigma = 58,9$ МПа. Слід зазначити, що такі покриття відшаровуються при згині у

місці стику покриття з основою. Це свідчить про недоцільність збільшення товщини ФГП понад 1,0 мм, позаяк у такому випадку погіршуються когезійні властивості системи “покриття – основа”.

Результати досліджень показників максимальних тангенціальних напружень показують, що збільшення товщини покриттів на основі ненаповнені матриці забезпечує збільшення адгезійної міцності від $\tau = 33,0$ до $\tau = 45,6$ МПа. При цьому всі покриття руйнуються (спостерігали розтріскування). Для наповнених дисперсними частинками КП характерно спочатку підвищення показників адгезійної міцності (від $\tau = 61,9$ до $\tau = 66,5$ МПа) при збільшенні товщини покриттів від $h = 0,4$ до $h = 0,6$ мм. Збільшення товщини покриттів від $h = 0,6$ до $h = 1,1$ мм призводить до зниження їх адгезійної міцності від $\tau = 66,5$ до $\tau = 56,6$ МПа. Підтвердженням цього є результати аналізу виду руйнування КП. Встановлено, що покриття з відносно великою товщиною ($h = 1,1-1,4$ мм) і незначними показниками адгезійної міцності відшаровуються (табл. 1). Експериментально встановлено, що при збільшенні товщини ФГП від $h = 0,6$ до $h = 1,3$ мм показники адгезійної міцності зменшуються від $\tau = 68,1$ до $\tau = 39,7$ МПа. Підтвердженням цьому є аналіз параметрів, при яких руйнувалось покриття. Показано, при товщині ФГП $h = 0,6$ мм руйнування покриття спостерігали при силі навантаження $P = 720$ Н і деформації $\Delta l = 4,5$ мм, а при товщині ФГП $h = 1,3$ мм руйнування покриття спостерігали при силі навантаження $P = 640$ Н і деформації $\Delta l = 3,5$ мм. Аналіз отриманих результатів дослідження дозволяє не лише запропонувати склад інгредієнтів для формування захисних покриттів з підвищеними експлуатаційними характеристиками, але й встановити їх оптимальну товщину.

Аналіз результатів досліджень властивостей епоксидних композитних покриттів у цілому дозволяє стверджувати, що підвищеними характеристиками відзначаються функціонально-градієнтні покриття. ФГП товщиною $h = 1,0$ мм характеризуються не лише найвищими показниками адгезійної і когезійної міцності, але й найвищим модулем пружності. Для таких адгезивів модуль пружності становить $E_s = 7,2$ ГПа, тоді як покриттів з ненаповненої матриці $E_s = 3,6$ ГПа, а для одношарових КП $E_s = 6,4$ ГПа. Це зумовлено оптимальним підбором інгредієнтів для формування композиції (вміст, дисперсність і фізична природа наповнювачів), а також технологічними режимами полімеризації градієнтного покриття. Показано, що нанесення функціонального шару на адгезійний шар забезпечує на різних етапах полімеризації формування градієнтного покриття (рис. 7). Це зумовлено тим, що обидва шари сформовані на основі епоксидного зв'язувача, тому у процесі зшивання матриці між шарами відбувається взаємодія. При цьому утворюються як фізичні, так і хімічні зв'язки між макромолекулами епоксидного олігомера обох шарів. Седиментація наповнювача (у нашому випадку карбиду кремнію) функціонального шару забезпечує формування перехідної області (рис. 7, а). Це, у свою чергу, зумовлює утворення після формування градієнтного покриття з поліпшеною

когезійною міцністю і, як наслідок, підвищеними експлуатаційними характеристиками (рис. 7, б).



а)

б)

Рисунок 7 – Мікросвітлини структури функціонально-градієнтних покриттів ($\times 650$) після їх формування упродовж: а) 24 год.; б) 72 год.

Висновки. У роботі досліджено модуль пружності, когезійну і адгезійну міцність епоксидних одношарових і градієнтних захисних покриттів. Встановлено, що максимальними показниками фізико-механічних властивостей характеризуються градієнти покриття, сформовані на основі епоксидної діанової смоли і дисперсних часток коричневого шламу, діоксиду титану і карбїду кремнію. Аналіз результатів досліджень властивостей епоксидних композитних покриттів дозволяє стверджувати, що підвищеними характеристиками відзначаються функціонально-градієнтні покриття товщиною 1,0 мм. Вони відзначаються найвищими показниками адгезійної ($\tau = 63,8$ МПа), когезійної міцності ($\sigma = 59,4$ МПа) та модулем пружності ($E_c = 7,2$ ГПа). Цих показників досягали науково-обґрунтованим оптимальним підбором інгредієнтів для формування композиції, а також технологічними режимами формування градієнтного покриття.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Wu D.S. Transparent barrier coatings on high temperature resisting polymer substrates for flexible electronic applications / D.S.Wuu, T.N.Chen, E.Lay et al. // Journal of the Electrochemical Society. – 2010. – V.157, No2. – P. C47–C51.
2. Долгов Н.А., Ляшенко Б.А. Определение оптимальной адгезионной прочности покрытий: труды 6-й Междунар. конф. [«Пленки и покрытия – 2001»] / Под ред. В.С.Клубника. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – С. 613–617.
3. Букетов А.В. Фізико-хімічні процеси при формуванні епоксикомпозитних матеріалів / А.В. Букетов, П.Д. Стухляк, Є.М. Кальба. – Тернопіль: Збруч, 2005. – 182 с.

4. Стухляк П.Д. Епоксикомпозитні матеріали, модифіковані ультрафіолетовим опроміненням / П.Д. Стухляк, А.В. Букетов. – Тернопіль: Збруч. – 2009. – 237 с.

5. Патент № 33123 України, МПК (2006) C09D 4/00. Спосіб отримання епоксидного композитного покриття з підвищеною зносостійкістю / Букетов А.В., Стухляк П.Д., Добротвор І.Г., Митник М.М. (Україна). – Заявл. 08.02.2008; опубл. 10.06.2008, Бюл. №11.

Букетов А.В., Стухляк П.Д., Чихира І.В., Долгов Н.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИ ИЗГИБЕ СИСТЕМЫ “ЭПОКСИДНОЕ КОМПОЗИТНОЕ ПОКРЫТИЕ – СТАЛЬНАЯ ОСНОВА”

Исследован модуль упругости, когезионная и адгезионная прочности эпоксидных однослойных и градиентных защитных покрытий. Установлено, что максимальными показателями физико-механических свойств характеризуются градиентные покрытия, сформированные на основе эпоксидной диановой смолы и дисперсных частиц коричневого шлама, диоксида титана и карбида кремния. Обоснованы оптимальные технологические режимы формирования градиентных покрытий.

Ключевые слова: свойства, покрытие, смола.

Buketov A.V., Stuhlyak P.D., Chihira I.V., Dolgov M.A. RESEACH PHYSIC-MECHANICAL PROPERTIES AT FLEXURE FOR SYSTEM “EPOXY COMPOSIT COATING – STEEL GROUND”

Influencing modulus of elasticity, cohesive and adhesive strength epoxy single-layer and gradient protective coatings is investigated. It is erected that by the maximum value of physical-mechanical properties are have gradient coatings, formed on the basis of epoxy resin and dispersible particle of a brown slime, dioxide of the titan and silicon carbide. Optimum technological modes of forming gradient coatings are substantiated.

Key words: properties, coating, resin.

ТЕХНИКО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ДИСКОВЫХ ОТРЕЗНЫХ ФРЕЗ

Вирич В.В.,

НПО «Заря-Машпроект», г. Николаев

Проведен анализ эволюции дисковых отрезных фрез от цельных конструкций из быстрорежущих сталей, до сборных, с механическим креплением быстросменных многогранных неперетачиваемых пластин. Предложен наиболее перспективный путь их развития, с установкой пластин в гнезде корпуса фрезы на их боковую грань.

Ключевые слова: дисковые и отрезные сборные фрезы, твердые сплавы, многогранные неперетачиваемые режущие пластины, механическое крепление пластин.

Введение, связь работы с основными научными направлениями. Выполняемая работа относится к сфере производства и эксплуатации режущих инструментов, в частности – дисковых отрезных фрез.

Анализ состояния проблемы, цели и задачи работы. Главной тенденцией развития современного промышленного производства является повышение основных его технико-экономических показателей, к которым относят: рост производительности обработки и применяемых для этого инструментов, повышение их износостойкости и надежности, удобства их работы и снижение трудоемкости их восстановления и обслуживания. В рамках этой тенденции задача совершенствования режущих инструментов является актуальной и важной, поскольку от их показателей в конечном итоге зависит процесс резания, условия эксплуатации оборудования и качество обработки изделий. Решению данной задачи посвящено большое количество научных работ, только в Украине ежегодно выдаются десятки патентов на новые конструкции инструментов.

Однако создание и дальнейшее усовершенствование дисковых и отрезных фрез, широко применяемых в серийном и крупносерийном производстве, невозможно без анализа известных конструкций и создания на этой базе современных стратегий их дальнейшего развития. Поэтому целью выполняемой работы является анализ эволюции данного вида инструментов и выбор основных путей их усовершенствования. Научную новизну данной работы составляет обобщение результатов анализа и поиск оригинальных прогрессивных конструкций, наиболее перспективных для современного производства и для будущего усовершенствования.

Реализация поставленной в работе цели. Условием появления в XVIII веке дисковых отрезных фрез были потребности производства. Им предшествовали древние каменные резак и появившиеся еще в бронзовом веке прямые отрезные пилы двух видов – двуручные и ножовки [1]. Главным фактором их совершенствования был постоянно расширяющийся диапазон

распиливаемых материалов, в первую очередь – твердых пород древесины и камня. Применение пил с крупными зубьями для отрезки металлов было затруднительно, поскольку требовало значительных усилий резания, которые не могло создать имеющееся оборудование того времени. Поэтому им предшествовали напильники с мелкой и крупной насечкой [1].

Основными недостатками прямых пил, как режущих инструментов, являются: 1) наличие обратных ходов; 2) прерывистость процесса резания. Поэтому, в рамках объективных законов развития техники, потребность их устранения была неизбежной, что привело к созданию в XVI веке великим итальянским ученым – Леонардо да Винчи – прототипа фрезы, в виде вращающегося круглого напильника, а в 1777 году в Англии Самуил Миллер получил патент на круглую дисковую пилу [1], принципиальная конструкция которой сохранилась до настоящего времени (рис. 1).

В России круглые дисковые пилы начали применяться с 1825 года [2] и до сего времени они являются одним из наиболее распространенных инструментов для отрезки заготовок и других видов работ в серийном производстве. Это объясняется относительной простотой, дешевизной и доступностью фрез и используемого оборудования, что особо важно в условиях мелкосерийного и серийного производства, хотя они уступают ленточным пилам в производительности и в ширине распила, которые, из-за относительно высокой стоимости ленточнопильных станков, наиболее целесообразны в крупносерийном и массовом производстве.

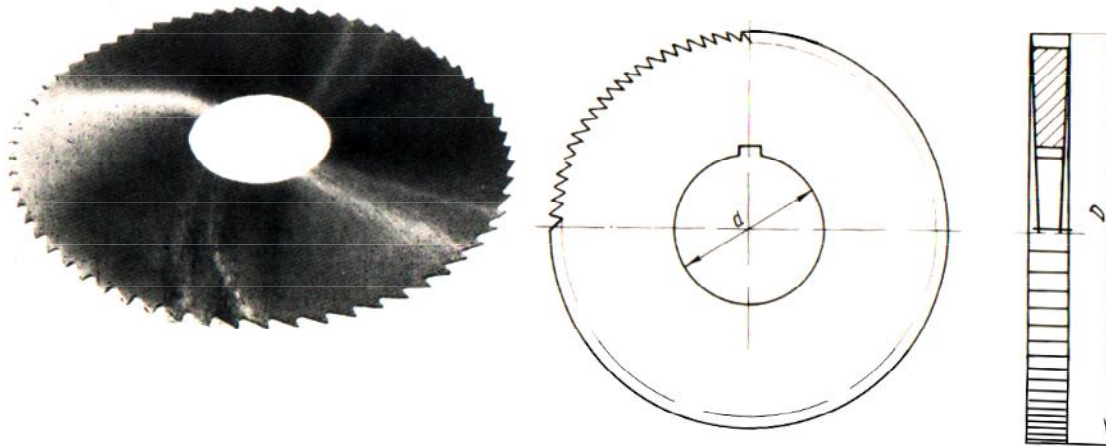


Рисунок 1 – Дисковая отрезная фреза простейшей конструкции

Однако, в ряде случаев обработки, например, при добыче камня из монолитных пород, дисковые пилы выполняют работу, невозможную для ленточных пил. Поэтому потребность в дисковых пилах будет иметься всегда, что требует дальнейшего их усовершенствования, осуществляемого различными путями: 1) постоянного улучшения инструментальных материалов, 2) конструктивных и геометрических параметров зубьев и корпуса, 3) условий их изготовления и эксплуатации [2].

Поскольку анализ эволюции инструментальных материалов выходит за рамки поставленной задачи, примем общеизвестное положение [2], что для

цельных дисковых и отрезных фрез предпочтительно применение быстрорежущих сталей, параметры которых зависят от обрабатываемого материала, а для сборных конструкций – твердосплавных материалов, в виде неперетачиваемых сменных многогранных пластин (СМП).

Усовершенствование конструкций дисковых и отрезных фрез. Выполнялось путем улучшения геометрии и формы зубьев, применения прогрессивных схем резания за счет различных направлений и формы зубьев. Современная конструкция цельных дисковых фрез с торцовыми зубьями показана на рисунке 2, а трехсторонних дисковых фрез с разнонаправленными зубьями – на рисунке 3 [3].

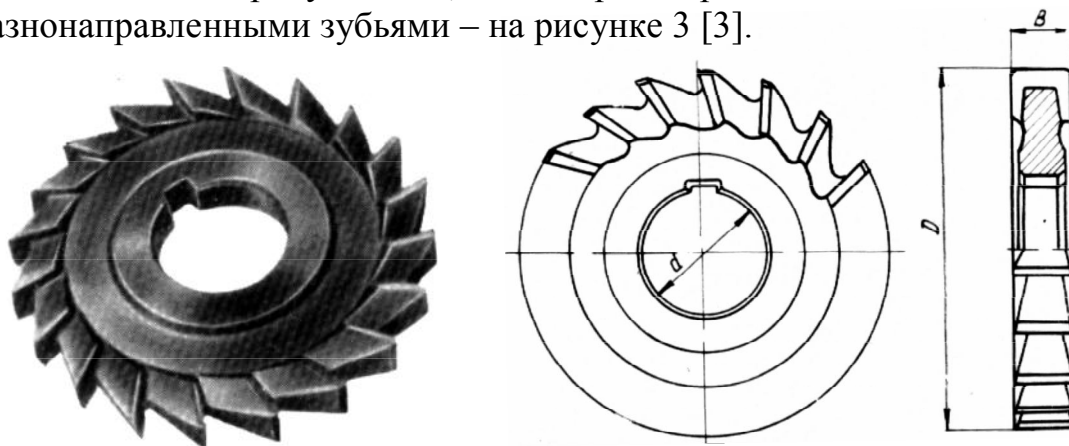


Рисунок 2 – Современная конструкция цельной дисковой фрезы с торцовыми зубьями прямоугольного профиля

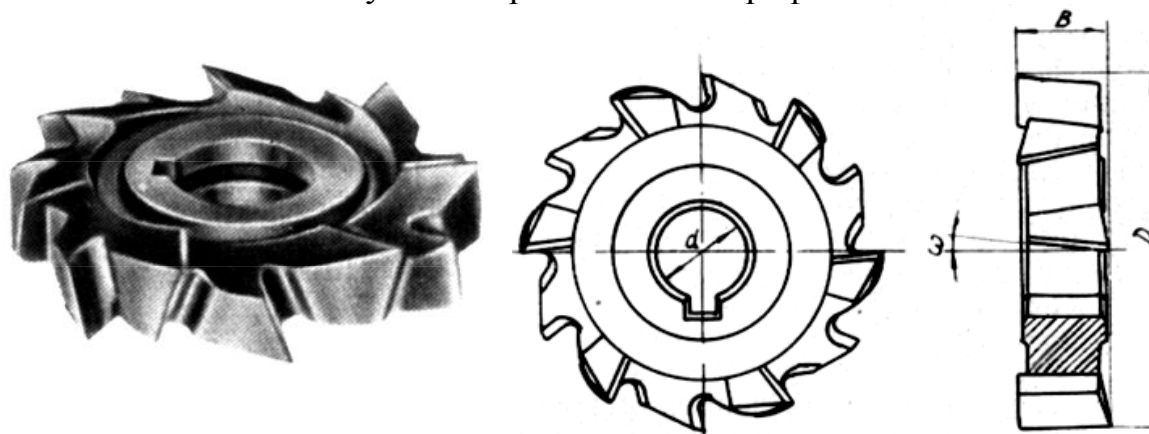


Рисунок 3 – Современная конструкция цельной дисковой фрезы с трехсторонней схемой резания

Основными тенденциями усовершенствования таких фрез является повышение точности и качества выполнения режущих кромок и всех ответственных поверхностей, а также изменение количества зубьев и их геометрии, в зависимости от условий резания. Для повышения прочности зубьев, их задняя поверхность может быть выполнена с двумя углами наклона, увеличенным у вершины на $15-20^\circ$, либо выполнена по плавной кривой. По плавной кривой также выполняют переднюю поверхность зуба.

Основным путем экономии инструментальных сталей в дисковых и отрезных фрезах является переход к сборным конструкциям с напайными пластинами (рис. 4), и с механическим креплением самотормозящихся клиновидных пластин с фиксирующими рифлениями (рис. 5), а также сегментов зубьев (рис. 6) из быстрорежущих сталей [3]. При этом, для улучшения процесса резания, зубья в плане могут иметь фасочные участки в 45° , чередующие друг с другом вершинные и боковые режущие кромки.

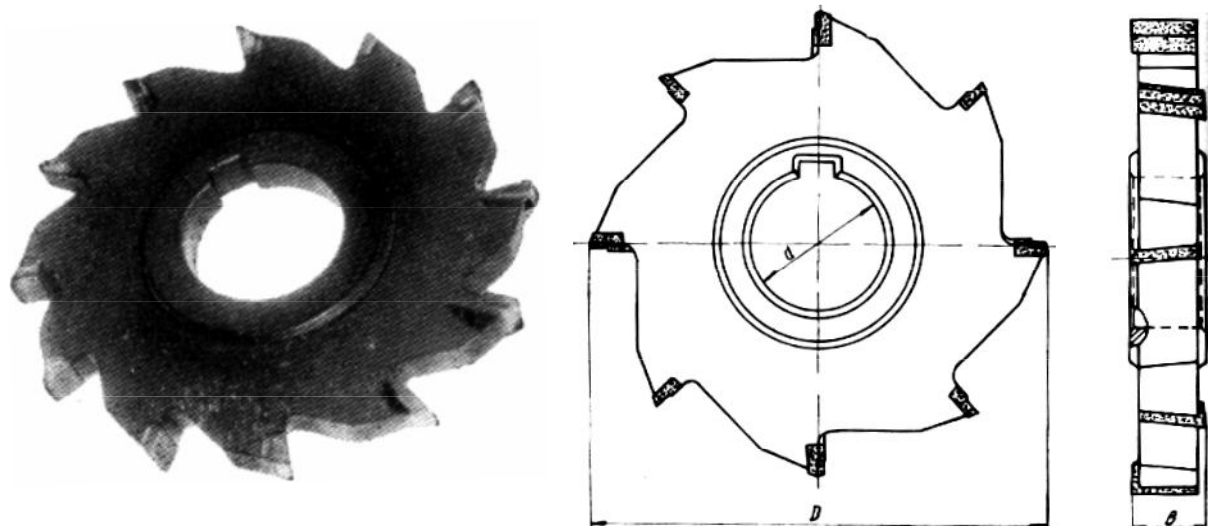


Рисунок 4 – Дисковая фреза с напайными пластинами из быстрорежущей стали

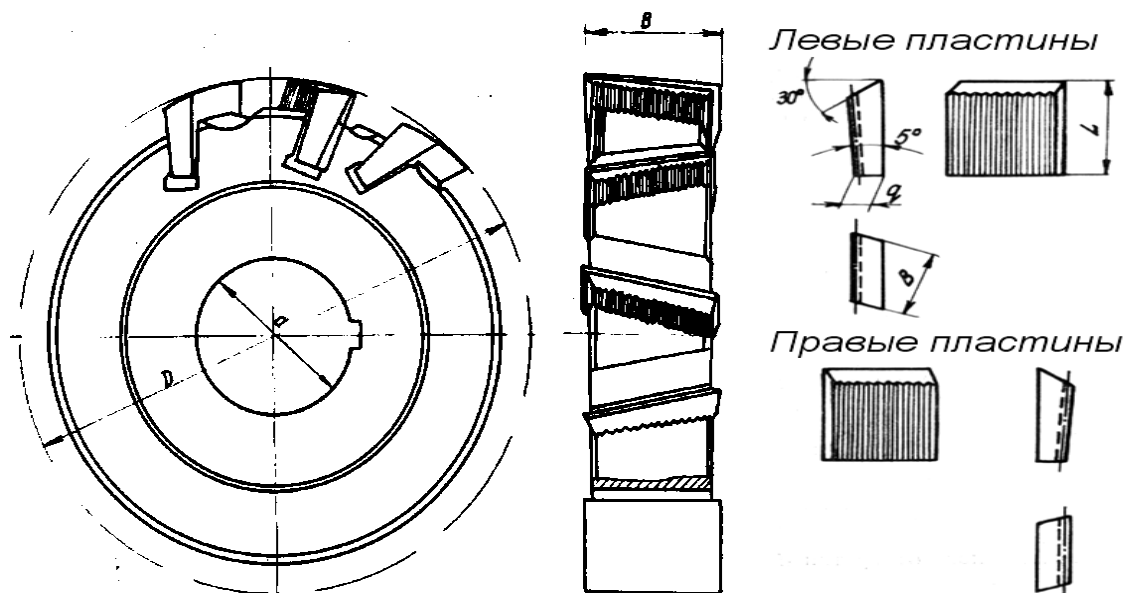


Рисунок 5 – Сборная дисковая фреза с механическим креплением быстрорежущих пластин клиновидной формы с рифлениями, фиксирующими их положение в гнезде

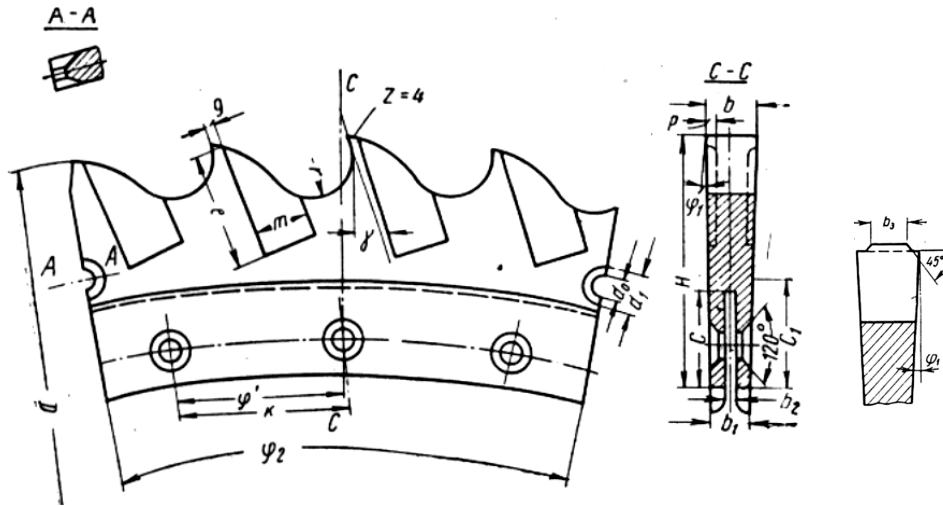


Рисунок 6 – Быстрорежущие зубчатые сегменты для установки их на дисковых пилах, в т.ч. имеющие правые, левые и прорезные зубья

Подобно быстрорежущим пластинам, твердосплавные пластины присоединяют к корпусу дисковых и отрезных фрез напайкой (рис. 4), однако прямое крепление, подобное креплению быстрорежущих пластин с рифлениями (рис. 5), недопустимо из-за хрупкости твердого сплава. Поэтому используют промежуточный элемент – ножи из конструкционной стали с рифлениями, в гнезде которых напаяна твердосплавная пластина (рис. 7). Для уменьшения хрупкого скалывания вершин пластин ножи могут устанавливать с отрицательными передними углами в $10-12^\circ$ за счет смещения их относительно радиальной оси корпуса. Однако, для снижения сил резания, более целесообразной является их радиальная установка и выполнение на режущих кромках пластин упрочняющих фасок шириной 0,4-1,2 мм с отрицательным передним углом 6° и задним углом $10-15^\circ$.

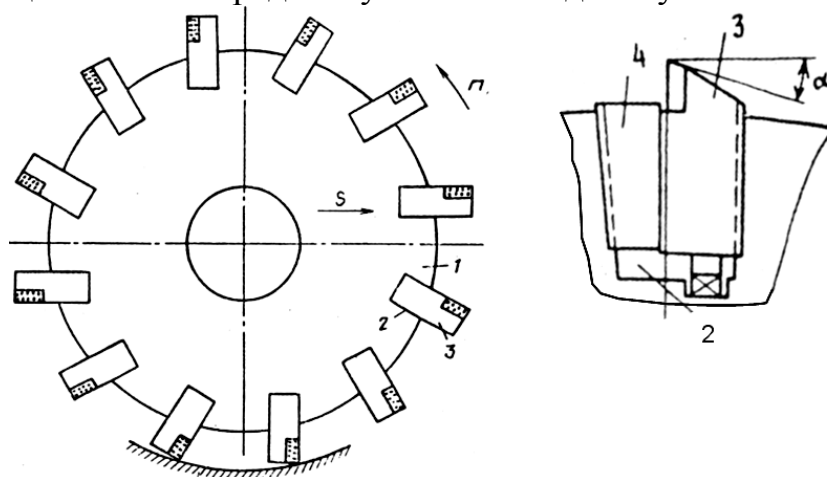


Рисунок 7 – Дисковая фреза 1 со вставными ножами 3 с напайными пластинами из твердого сплава и их крепление в пазу 2 дополнительным клином 4 с рифлениями

Применение сегментов из твердых сплавов, подобных показанным на рисунке 6, ограничено условиями прочности конструкции и предельно возможными размерами спекания пластин 60х60 мм, поэтому практически они не выполняются.

Современные конструкции сборных дисковых и отрезных фрез и их анализ. Основным недостатком напайки режущих пластин является то, что их, и корпус фрезы, разогревают до высоких температур, а при последующем их остывании, различный коэффициент температурного расширения у твердого сплава и конструкционной стали корпуса ведет к различной степени их сжатия. При этом в пластине возникают внутренние напряжения, сжимающие ее основание и выпучивающие ее верхнюю часть, что ведет к появлению в ней растягивающих напряжений, наиболее опасных для твердых сплавов, вызывающих раскрытие имеющихся пор между спекаемыми зернами и развитие микротрещин, разрушающих далее пластины при контакте их со стружкой или СОТС в процессе резания.

В настоящее время наиболее прогрессивным исполнением твердых сплавов и быстрорежущих сталей являются спекаемые из мелкозернистых порошков сменные многогранные неперетачиваемые поворотные режущие пластины для механического крепления, что исключает потребность в их переточках [2]. При этом исключаются:

- 1) потребности в заточном участке, имеющем рабочие площади, оборудование, оснастку, режущие и мерительные инструменты;
- 2) затраты технологического времени, расход силовой электроэнергии и других расходных средств и материалов на выполнение переточек;
- 3) потребности в основном и вспомогательном персонале.

Кроме того, у неперетачиваемых пластин износостойкое покрытие имеется на всех сторонах режущих лезвий на протяжении всего периода их эксплуатации, что дополнительно повышает их стойкость на 30-40%.

Прорезная фреза с механическим креплением упругими силами и силами резания неперетачиваемых пластин специальной формы показана на рисунке 8.

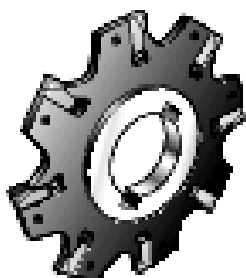


Рисунок 8 – Конструкция прорезной фрезы Шведской фирмы Sandvik Coromant с механическим креплением специальных режущих пластин

Главные достоинства данной конструкции фрезы [4] – малая ширина паза, что позволяет достичь существенной экономии материала заготовки. Сменные пластины позволяют многократно применять корпус и исключают

потребує в переточках. Однак така фреза має ряд недоліків – спеціальну форму пластин з однієї режучою кромкою (рис. 9), що обмежує можливості їх переустановок і збільшує їх витрати.



Рисунок 9 – Спеціальні отрезні пластини T-Max і Q-Cut фірми Sandvik Coromant з однієї режучою кромкою

Зменшення другого недоліку можливо за рахунок застосування двосторонніх пластин з двома режущими кромками (рис. 10).

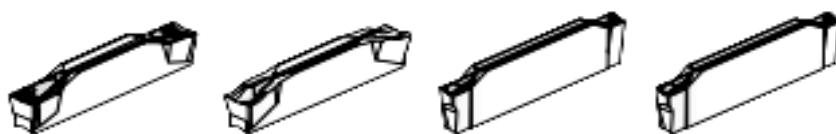


Рисунок 10 – Спеціальні пластини CoroCut 1 – 2 фірми Sandvik Coromant з двома режущими кромками

Однак при цьому збільшується глибина прорезу під пластину, що знижує міцність, жорсткість і віброустійчивість фрези, для підвищення яких вимагається або збільшення діаметра корпусу, або зменшення кількості режущих елементів. Обидва ці шляхи ведуть до зниження режимів різання, а підвищення вібрацій при роботі веде до відхилень від правильної геометричної форми паза, погіршує якість обробки поверхонь і підвищує знос фрез.

Відомі простіші конструкції дискових фрез з універсальними твердосплавними сменними багатограничними режущими пластинами (СМП), наприклад, квадратними (рис. 11). Однак їх недоліками є: 1) незручність кріплення і заміни пластин; 2) знос різбових отворів в корпусі і можливість їх поломки, що збільшує витрати корпусів, витрати на їх придбання і на отрезку в цілому, 3) радіальна установка пластини, що зводить ширину распила або формованого паза до сумарної ширини пластини і її нахилу в праву і ліву сторону, для уникнення затирання її бокових поверхонь в прорезаному пази.

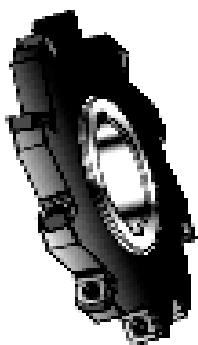


Рисунок 11 – Простіша трьохстороння дискова фреза фірми Sandvik Coromant з радіальною установкою універсальних багатограничних неперетачуваних пластин

Замена квадратных пластин треугольными исключает их затирание в пазу, но проблематична, т.к. износ вершин парами ухудшает возможности ее переустановки на новую грань.

Для повышения надежности и удобства крепления универсальных пластин, в т.ч. без задних углов (что позволяет переустанавливать их на обратную сторону) разработан ряд более сложных конструкций дисковых фрез ведущих мировых фирм [5]. Их можно сгруппировать по способам выполнения базовых поверхностей под сменные многогранные пластины и установку их в нужное положение:

- базы выполнены непосредственно на корпусе фрезы;
- используются вкладыши, которые устанавливаются с помощью специального приспособления;
- используются вкладыши, которые устанавливаются с помощью регулировочного механизма, введенного в конструкцию фрезы.

Дисковые двухсторонние фрезы с механическим креплением СМП во многом аналогичны торцовым фрезам. Исключением являются лишь фрезы для обработки двух взаимоперпендикулярных поверхностей в относительно узких пазах или комплектные фрезы. Потребность соблюдения одинаковых геометрических параметров с обеих сторон фрезы при обеспечении удовлетворительных условий резания (угол наклона главной режущей кромки, деление стружки по ширине) требует выполнения закрытых баз под СМП, что существенно повышает трудоемкость изготовления фрез [5].

Двухсторонняя дисковая фреза конструкции ОАО "ВНИИинструмент" (рис. 12, а) с механическим креплением круглых неперетачиваемых твердосплавных пластин 2, предназначена для обработки заготовок с радиусными уступами (в частности, на лапках сверл, зенкоров и т.д.).

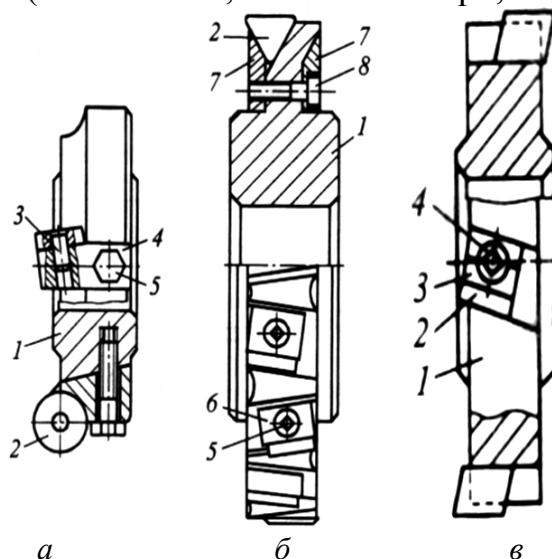


Рисунок 12 – Сборные дисковые фрезы с открытыми базами для СМП

Пластина 2 притягивается к базам корпуса 1 винтом 5 и державкой 4 с запрессованным в ней штифтом 3. Для обеспечения надежного прилегания пластины к базам корпуса, в нем выполнены наклонные пазы, по которым

скользят державки при завертывании винта. Базы под режущие пластины на корпусе, в случае их повреждения, можно восстановить точением [5]. Фирмой «Хайнляйн» (Германия) разработана трехсторонняя фреза с трехгранными СМП, технология изготовления которой значительно упрощается за счет устранения необходимости выполнения закрытых баз на корпусе фрезы (рис. 12, б). Фреза состоит из корпуса 1, на ступицах которого винтом 8 закреплены кольца 7. Конические поверхности колец 7, служащих базами под режущие пластины 2, которые выполняют при одной установке инструмента второго порядка, что существенно повышает точность их выполнения, а открытая форма наклонных пазов в корпусе значительно облегчает их обработку. Пластины 2 крепят клиньями 6 и винтами 5. Для устранения повреждений корпуса фрезы в случае поломки СМП, клинья располагают за режущими пластинами, что частично устраняет пакетирование стружки между зубьями. Однако такие фрезы имеют большое число крупногабаритных (1, 7) сопряженных деталей, требующих точного исполнения [5].

Дисковая трехсторонняя фреза с механическим креплением СМП фирмы «Йонас энд Калвер» (Англия) [5], показанная на рисунке 12, в, исключает крупногабаритные детали, кроме корпуса. Ее режущие пластины 2, имеющие форму параллелограмма, закрепленные в корпусе 1 клиньями 3 и винтами 4, размещены в смежных пазах и взаимно смещены в осевом направлении, что улучшает стружкоотвод и снижает вибрации. Настройка этой фрезы на размер требует значительных затрат времени (особенно при настройке на станке). Кроме того, при относительно высоких режимах резания, возможно смещение СМП в осевом направлении и повреждение корпуса фрезы, в случае поломки режущей пластины [5].

С целью повышения срока службы корпуса фрезы и надежного крепления СМП, разработаны дисковые фрезы (рис. 13, а-г), у которых использованы вкладыши с двумя или тремя базами под пластины.

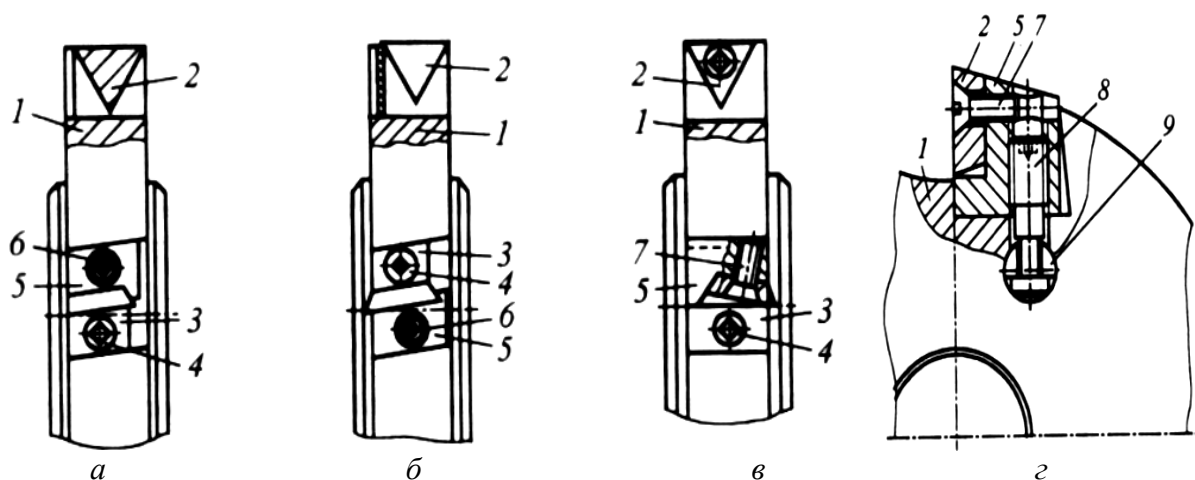


Рисунок 13 – Основные конструкции сборных дисковых фрез с вкладышами для крепления СМП трехгранной формы

Одна из простейших конструкций дисковой фрезы Шведской фирмы «Sandvik Coromant» с механическим креплением трехгранных СМП с задними углами [5] показана на рисунке 13, а. Пластины 2 устанавливаются в V-образных пазах вкладышей 5, которые закрепляют в корпусе винтом 6. Саму пластину крепят клином 3 и винтом 4. Однако она имеет те же недостатки установки пластин, что и предыдущая (рис. 12, в), ее конструкция является весьма сложной технологически, а в случае поломки СМП повреждается сложный в изготовлении вкладыш.

Германская фирма «Феттэ» [5] разработала фрезу (рис. 13, б), в пазах корпуса которой вкладыши 5 закрепляют винтами 6, а режущие трехгранные пластины 2 устанавливают в V-образном пазу вкладышей и закрепляют их со стороны опорных поверхностей клиньями 3 с помощью дифференциальных винтов 4. Установка клина за режущей пластиной устраняет опасность повреждения вкладыша при поломке пластины, но возникает возможность несовпадения опорной поверхности пластины с клином в случае регулирования вкладыша в осевом направлении, поэтому к точности изготовления фрезы предъявляются более высокие требования. Данные фрезы обеспечивают хороший отвод стружки при работе с относительно малыми глубинами резания. Однако увеличение глубины резания и, особенно обработка заготовок из вязких материалов, будет вести к «пакетированию» стружки между зубьями фрезы. Это вызвано малыми размерами стружечных канавок, которые, в свою очередь, ограничиваются размерами режущих пластин и клиньев.

Для устранения этого недостатка разработаны дисковые фрезы, у которых вкладыши выходят за пределы ее корпуса, а передняя поверхность режущих пластин не закрыта элементами крепления, например, в фрезе фирмы «Планзея» (Австрия) [5]. В пазах ее корпуса установлены вкладыши 5 (рис. 13, в), которые закреплены в корпусе клиньями 3 с помощью дифференциальных винтов 4, а пластины 2 закреплены на вкладышах через центральные отверстия винтами 7 с коническими головками. На опорных поверхностях вкладыша и боковых поверхностях пазов корпуса выполнены рифления. Наличие рифлений предотвращает поворот вкладышей или их осевое смещение под действием сил резания. При этом изменение ширины фрезы не может быть менее шага рифлений 3 мм.

Во ВНИИинструмент также разработаны подобные дисковые фрезы [5], которые отличаются повышенной технологичностью при настройке их ширины (рис. 13, г). В пазах ее корпуса установлены вкладыши 5 с пластинами 2, закрепленными винтами с конической головкой 7 и специальными винтами 8, шейки которых входят в вилки 9, установленные в отверстия корпуса. Такое крепление вкладышей создает возможность изменения ширины фрезы до 5 мм. Положение вкладышей вдоль оси регулируют при предварительно затянутых винтах. Вкладыши размещают в пазах корпуса с небольшим перекосом (под некоторым углом ко дну паза), поэтому, при закреплении их винтами, возникают опрокидывающие

моменты, гарантирующие контакт опорных поверхностей вкладыша с верхними зонами боковых поверхностей пазов. Это повышает жесткость данной фрезы, по сравнению с фрезой фирмы «Планзея» (рис. 13, в), у которой при закреплении вкладышей клинья возможно отсутствие таких контактов. Кроме того, у фрезы ВНИИинструмент отсутствуют рифления и резьбовые отверстия в корпусе, что улучшает ее технологичность. Наряду с этим, существенно упрощается выполнение гнезд под пластины во вкладышах относительно их опорных поверхностей, так как требуется выдерживать размер только в радиальном направлении.

С целью облегчения условий регулирования за счет исключения специальных приспособлений для наладки, а также для повышения надежности крепления вкладышей, разработан ряд дисковых фрез с использованием регулирующих элементов, показанных на рисунке 14 [5].

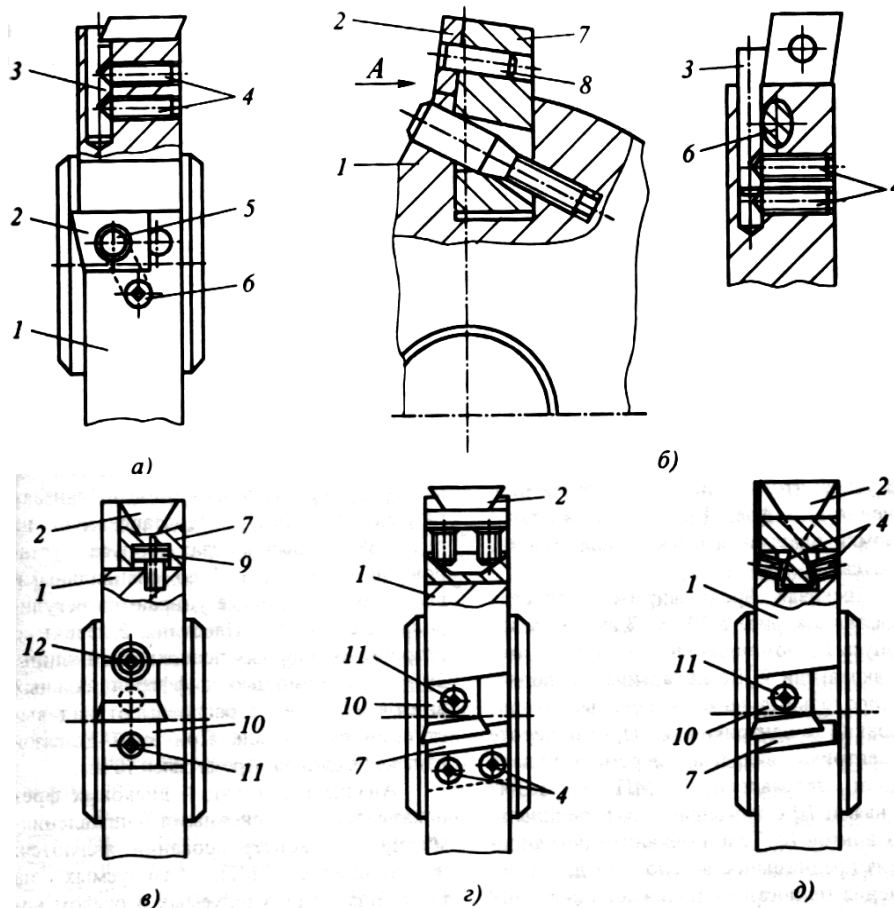


Рисунок 14 – Регулируемые дисковые фрезы с СМП ведущих фирм

Фирма «Хертель» разработала дисковую фрезу с тангенциальным расположением режущих пластин (рис. 14, а). Здесь режущие пластины 2 крепят на корпусе изогнутыми штифтами 5 с коническими головками с помощью винтов 6. Положение пластин в осевом направлении регулируют штифтами 3 с лысками и с помощью винтов 4. Тангенциальное положение режущих пластин обеспечивает их высокую эксплуатационную прочность. При этом пластины имеют положительные передние углы, снижающие силы

резания в процессе обработки [5]. Однако, в случае поломки СМП, возможно повреждение трудоемкого в изготовлении корпуса фрезы. Кроме того, эти фрезы отличаются большой шириной фрезерования 18,5-24,0 мм.

В ОАО ВНИИинструмент разработана трехсторонняя дисковая фреза с пластинами 2 в форме параллелограмма (рис. 14, б), отличающаяся простотой изготовления [5]. Ее режущие пластины свободно установлены на штифты 8, запрессованные во вкладыши 7. Вкладыши с пластинами перемещаются в пазах корпуса с помощью винтов 6, контактирующих своими коническими участками со скосами на вкладышах, вследствие чего режущие пластины притягиваются к базам. В радиальном направлении базы под режущие пластины выполняют точением. В осевом направлении пластины упираются в скосы штифтов 3, перемещаемых винтами 4. За счет перемещения штифтов и их скосов, регулируют положение режущих пластин в осевом направлении. В этой конструкции можно использовать только СМП без задних углов, что ограничивает область применения этих фрез. Кроме того, при поломке пластин возможно повреждение корпуса.

Дисковая фреза фирмы «Хертель», показанная на рисунке 14, в [5], имеет корпус 1, в пазах которого винтами 12 закреплены вкладыши 7, а в них выполнены продольные пазы, в которые входят головки эксцентриков 9. При повороте эксцентрика вкладыш перемещается в осевом направлении, а пластину 2 крепят клином 10 с помощью дифференциальных винтов 11. Такой механизм регулирования предназначен в основном для обеспечения точности расположения режущих кромок СМП в осевом направлении, так как диапазон регулирования ширины фрезы достаточно мал.

Фрезы фирмы «Видиа Крупп» (Германия) имеют более широкий диапазон регулирования положения вкладышей в осевом направлении (рис. 14, г). Для этого в корпусе фрезы выполнены Г-образные пазы, в которых размещены вкладыши 7. На вкладышах выполнены V-образные пазы, в боковые стороны которых упираются винты 4. Затягивая один винт и ослабляя другой, вкладыш перемещают в осевом направлении. После перемещения вкладышей в осевом направлении винты 4 затягивают до упора. Пластины 2 во вкладышах, со стороны их опорных поверхностей, крепят клиньями 10 с помощью дифференциальных винтов 11. При этом диапазон изменения ширины фрезы равен 1,5 мм [5].

Для увеличения диапазона изменения ширины паза, фирма «Планзая» имеет фрезу, показанную на рисунке 14, д. В пазах ее корпуса установлены вкладыши 7 со специальными выступами, с упором в них регулировочных винтов 4. Пластины 2 крепят со стороны опорных поверхностей клиньями 10 с помощью дифференциальных винтов 11. Клинья располагают над выступами вкладышей. При этом диапазон регулировки изменения ширины фрезы составляет 10 мм [5].

Выводы. Анализ конструкций дисковых и отрезных фрез по работам [1-5] показал, что их основное развитие связано с переходом к сборным конструкциям с применением твердых сплавов в СМП. Однако чаще всего

для повышения производительности применяют сборные дисковые фрезы с механическим креплением клиньями перетачиваемых ножей с напайными твердосплавными пластинами. Объясняется это тем, что все известные дисковые фрезы с механическим креплением СМП, либо малоэффективны в простейших конструкциях, либо имеют очень сложную трехстороннюю конструкцию, с базированием СМП во вкладышах, регулируемых в осевом направлении с помощью специальных приспособлений или с помощью собственных регулировочных элементов.

При конструировании дисковых трехсторонних фрез необходимо предусмотреть открытые режущие кромки инструмента, а также получить заданные геометрические параметры с обеих сторон фрезы и требуемую ширину. Процесс резания такими фрезами, имеющими малую ширину, характеризуется стесненными условиями стружкоотвода [5].

Трехсторонние дисковые сборные фрезы с СМП предназначены для обработки заготовок с уступами и пазами, и в редких случаях применяются для отрезки. Основным недостатком данных конструкций фрез является большая ширина прорези – от 12 до 25 мм, что ведет к дополнительному расходу обрабатываемого материала и к увеличенной работе резания для превращения его в стружку. При этом большая площадь резания по всей ширине пластины увеличивает объем стружки и выделение тепла при ее срезании, что повышает нагрев заготовки и зубьев фрезы при обработке паза, в котором теплоотвод ухудшен, резко снижая их износостойкость. Растут также мощность и силы резания, что увеличивает затраты силовой электроэнергии и технологическое время на отрезку, в свою очередь, повышая износ станков и расход твердого сплава. Радиальная установка пластин в корпусе отрезной фрезы не позволяет в полной мере повышать подачу, поскольку силу резания P_z твердосплавная пластина воспринимает в направлении наименьшей ее толщины.

Совокупность приведенных факторов свидетельствует о потребности поиска новых путей усовершенствования дисковых и отрезных фрез.

Рекомендации. Более перспективной является установка СМП на их боковую грань, однако она невозможна из-за наличия радиуса сопряжения боковых граней у вершин. Устранение указанного недостатка предложено в патенте [6] за счет заточки на вершинах лысок или выкружек – стружечных канавок, исключая исходный радиус сопряжения боковых граней СМП. Предложены также новые конструкции сборных дисковых фрез с боковым механическим креплением СМП, от трехгранной до круглой формы, установленных в пазах корпуса. Одна из конструкций, предложенных в патенте [6], дисковых фрез показана на рисунке 15.

Крепление пластин в пазах может быть выполнено по их основанию, боковым сторонам и центральному отверстию, например, введенным в это отверстие винтом с конической головкой или поворотным эксцентриковым штифтом. Возможна комбинация эксцентриковых и неподвижных штифтов,

вводимых в отверстие, или установленных снаружи пластин, с упором в их боковую сторону, или в лыску, или в выемку на вершине.

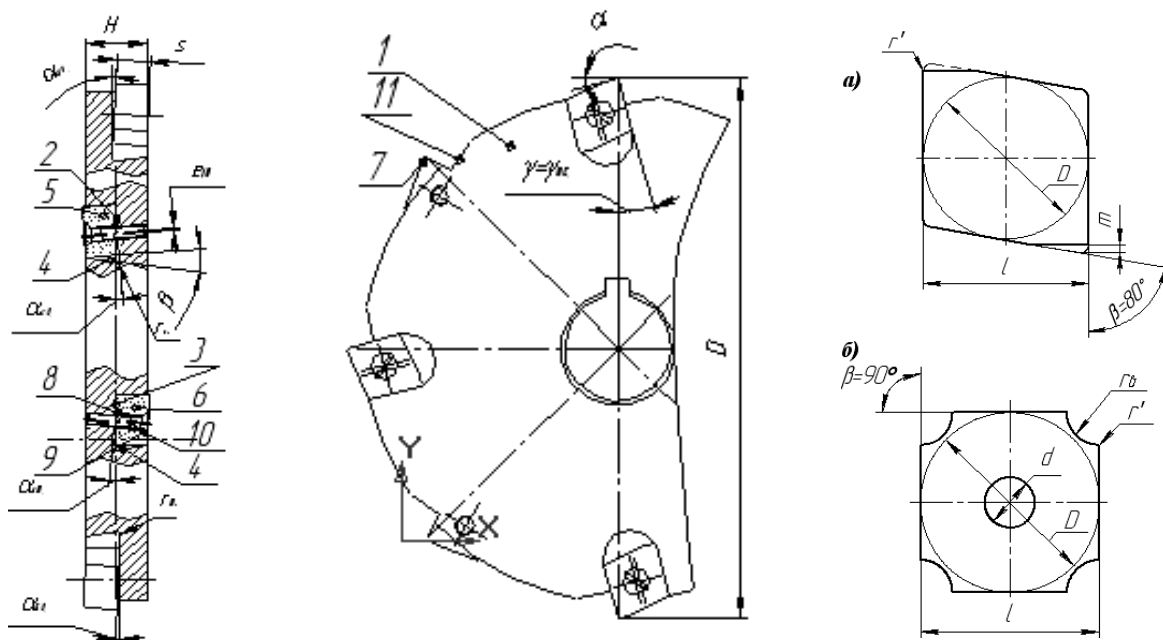


Рисунок 15 – Дисковая фреза с боковой установкой СМП, у которых переходные участки у вершин устранены лысками (а) или выкружками (б)

Для повышения надежности крепления пластин, в т.ч. не имеющих отверстия, крепежные элементы могут быть выполнены в виде клиньев, введенных в углубление клиновидной формы на стружечной канавке при контакте клина с боковой поверхностью пластины и закрепления его винтом, введенным в резьбовое отверстие, выполненное в корпусе во впадине стружечных канавок. При этом клинья могут иметь клиновидную форму в плане, или канавки могут быть выполнены в шахматном порядке под наклоном, обеспечивающим прижим пластины к основанию, боковой стороне паза, или к неподвижному штифту, введенному в ее центральное отверстие пластины, или контактирующему с ее боковой стороной, или с лыской, или с выемкой на вершине. Клинья могут быть установлены со стороны стружечной канавки или со стороны спинки зуба. В патенте Украины [6] предложены также другие варианты конструкций фрез и пластин, в общем количестве – 84 исполнения.

Работа такими дисковыми и отрезными фрезами на фрезерных станках не отличается от работы базовых фрез, как по установке, так и по движениям резания. Их изготовление и применение возможно в реальных условиях промышленного производства и дает значительный эффект по сравнению с базовыми фрезами, как по режимам обработки, так и по ширине прорези, которая уменьшается с 12-14 мм, до 6 мм, что в 2-2,5 раза снижает работу резания, адекватно повышает производительность и стойкость фрез, сокращает затраты силовой электроэнергии и снижает износ оборудования, а

также существенно экономит материал разрезаемых заготовок. Для канавочных фрез возможно увеличение ширины резания за счет установки 3-х и большего количества пластин в шахматном порядке. Преимуществом предлагаемых фрез от известных является увеличение толщины СМП в направлении действия сил резания за счет их боковой установки, что создает резерв для повышения технологических режимов.

Наиболее простыми в изготовлении и в эксплуатации в условиях мелкосерийного и серийного производства являются дисковые и отрезные фрезы, оснащенные ромбическими или трехгранными пластинами с лысками на вершинах, а в условиях крупносерийного и массового производства – оснащенные квадратными пластинами с выкружками.

Совокупность приведенных факторов позволяет рекомендовать их к широкому внедрению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы учения о резании металлов и режущий инструмент / [Рубинцев С.А., Левант Г.В и др.]. – М.: Машиностроение, 1968. – 258 с.
2. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. – М.: Высшая школа, 1986. – 482 с.
3. Справочник инструментальщика / [И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др.]. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-е, 1987. – 846 с.
4. Каталог продукции концерна Sandvik Coromant 2006 года.
5. Справочник конструктора-инструментальщика / [Баранчиков В.И., Боровский Г.В. и др.]. – М.: Машиностроение, 2006. – 524 с.
6. Патент на винахід 91670 України, МПК В 23 С 5/02. Збірна дискова фреза та ріжучі пластини до неї (варіанти) / Настасенко В.О., Яремчук М.Л.; заявник та патентоутримувач – вони ж. – № 200603692; заявл. 04.04.06; опубл. 25.08.2010, Бюл. № 16.

Віріч В.В. ТЕХНІКО-ІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ДИСКОВИХ ВІДРІЗНИХ ФРЕЗ

Проведено аналіз еволюції дискових відрізних фрез від цільних конструкцій із швидкоріжучих сталей, до збірних, з механічним кріпленням швидкозмінних багатограних непереточуваних пластин. Запропоновано найбільш перспективний шлях їх розвитку, з установкою пластин у гнізді корпусу фрези на їх бічну грань.

Ключові слова: дискові і відрізнi збірні фрези, тверді сплави, багатограни непереточувани ріжучі пластини, механічне кріплення пластин.

Virich V.V. TECHNICAL-AND-INFORMATIONAL ANALYSIS OF IMPROVEMENT OF DISC CUTOFF MILLING CUTTERS

The analysis of improvement of disc detachable cutoff milling cutters was carried out starting from solid constructions, made of high-speed steels, to composite constructions with mechanical fastening of rapid replacement, multi-sided throwaway plates. The most perspective way of their development was offered, with setting of plates in the nest of the body of milling cutter on their lateral edge.

Key words: disc and detachable milling cutters, hard carbides, multi-sided throwaway cutting plates, mechanical fastening of plates.

РАЗВИТИЕ ПРИНЦИПОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ ОБЪЕКТОВ ТЕХНИКИ

*Михайлов А.Н., Настасенко В.А., Проценко В.А.,
Донецкий национальный технический университет,
Херсонский государственный морской институт*

На базе анализа общих принципов построения функционально-ориентированных технологических процессов и технических систем показана потребность комплексного дополнения их новыми принципами функционально-ориентированного проектирования и конструирования, объединенных общей целью – оптимизацией условий эксплуатации, ремонта и утилизации изделий, что делает данную задачу не только комплексной (триединой), но и полностью замыкает возможную систему.

Ключевые слова: функционально-ориентированные технологические процессы, комплексное функционально-ориентированное проектирование и конструирование, технологические и социально-экономические факторы.

Введение. Работа относится ко всем отраслям техники, в которых проектируются, изготавливаются и эксплуатируются различные изделия и состоящие из них технические системы.

Анализ состояния проблемы, цели и задачи работы. В настоящее время научно-технический прогресс привел к развитию информационно-ориентированных специальных технологий. В промышленном производстве он обусловил дальнейшее развитие технологий машиностроения, в т.ч. – создание их качественно новых видов. К ним относятся функционально-ориентированные технологии (ФОТ) изготовления изделий [1].

Большим недостатком традиционных технологий машиностроения является то, что в них не учитывают нано-, микро- и макроособенности эксплуатации изделий и их изменяющиеся закономерности, в т.ч. объемно-пространственной структуры. В таком виде традиционные технологические процессы изготовления изделия обычно обеспечивают эксплуатационные свойства всего изделия или его элементов. При этом приспособляется обычно все изделие к максимальным условиям эксплуатации, что ведет к повышению себестоимости его изготовления, либо эти особенности не учитываются, что ведет к снижению эксплуатационных свойств изделия [1].

Если в традиционных технологиях деталь рассматривают как простое множество исполнительных поверхностей, ограничивающих ее объемно-пространственную структуру, то в ФОП ее представляют как иерархическое структурированное множество, состоящее в целом из семи иерархических подмножеств исполнительных элементов: 1) уровень изделия; 2) уровень частей изделия (сборочных единиц); 3) уровень деталей; 4) уровень рабочих зон детали; 5) уровень макрозон в рабочих зонах; 6) уровень микрозон;

7) уровень нанозон. На этих уровнях могут быть выделены составляющие исполнительные (функциональные) элементы таких видов: поверхностная (плоская) точка, объемная точка, поверхностная (плоская) линия, объемная линия, поверхность, приповерхностные слои, объем. И воздействие на них в технологических операциях должно быть строго дифференцированным, в зависимости от функциональных особенностей эксплуатации этого участка, что даёт возможность полностью адаптировать изделие к особенностям его эксплуатации и обеспечить максимальный потенциал его возможностей [1].

Таким образом, ФОТ – это специальная технология, базирующаяся на реализации множества алгоритмов топологически точно ориентированного необходимого технологического воздействия орудий и средств обработки в необходимые нано-, микро-, макрозоны и участки детали и изделия, которые функционально соответствуют условиям эксплуатации каждой из этих зон. Их применение позволяет максимально повысить общие эксплуатационные параметры изделия за счет увеличения технических возможностей и свойств его отдельных элементов, поверхностей и/или зон в строгой зависимости от функциональных местных особенностей их эксплуатации. Хотя новый класс технологий усложняет процесс изготовления изделий, но он обеспечивает полную совокупность свойств и меру полезности изделий машиностроения требованиям их эксплуатации, что выводит ФОТ на качественно новый уровень технологий, как совокупность: обычных технологий, макро-, микро- и нанотехнологий [1]. Поэтому разработке ФОТ должны предшествовать:

1) анализ особенностей эксплуатации изделия на всех его уровнях и формирование структуры эксплуатационных функций,

2) деление изделия на функциональные элементы по уровням «глубины технологии» и их классификация.

Их дополняет 3-й этап разработки ФОТ – формирование маршрута технологического процесса на базе дифференцированных и прецизионных принципов ориентации технологических воздействий на всех 7 уровнях, таким образом, происходит рекуррентное замыкание последовательности данной методики проектирования [1].

Вместе с тем, в работе [1] отмечено, что процесс создания ФОТ требует постоянного совершенствования, поскольку не в полном объеме разработаны принципы их создания.

Цель данной работы – доработать иерархическую структуру ФОТ с учетом полного жизненного цикла изделия, включающего проектирование, конструирование, изготовление, эксплуатацию, ремонт и утилизацию. Решение данных вопросов составляет научную новизну выполняемой работы, поскольку в исходной работе [1] они не рассмотрены в полном объеме.

Поиск путей реализации поставленной цели является актуальным, в рамках все более широкого применения ФОТ. Практическое значение выполняемой работы заключается в разработке нового системного подхода повышения технико-экономических показателей на всем жизненном цикле

изделий, а также в оказании помощи ученым, конструкторам, технологам и пользователям новых объектов техники и технических систем всех уровней сложности в их создании, изготовлении, исследовании и эксплуатации.

Поиск путей реализации поставленной цели. В основу поиска положен вывод о том, что в известных ФОТ не учтен весь жизненный цикл изделий, а только его часть – изготовление и эксплуатация, хотя цикл включает еще и проектирование, конструирование, ремонт и утилизацию. Например, важность учета полного жизненного цикла подтверждает факт, что для изделия, получившего неудовлетворительные функциональные и эксплуатационные показатели при проектировании и конструировании, никакие ФОТ не смогут их устранить, хотя и способны их в какой-то мере уменьшить. Для принципиально новых конструкций эта проблема является наиболее острой, что показывает, например, практика одной из наиболее прогрессивных отраслей современного производства – судостроения. Любая созданная новая базовая конструкция судна, как технический комплекс, решающий изначально поставленную задачу на базе отличных, хороших, компромиссных и проблемных идей и их технических воплощений, затем дорабатывается конструктивно и технологически, как для устранения имеющихся недостатков, так и для решения новых задач, вытекающих из реальных условий и потребностей эксплуатации судна. Поэтому ФОТ имеет решающее значение для уже конструктивно отработанных изделий, в первую очередь – унифицированных.

Таким образом, технологическая задача изготовления возникает как результат проектирования изделия, и совершенствуется параллельно ему, хотя и для новых изделий решение этой задачи наиболее целесообразно на основе принципов ФОТ и модульного проектирования технологических процессов по заранее отработанным алгоритмам.

Аналогичная картина учета значимых факторов имеет место для потребности утилизации. Ее можно пояснить на примере производства и эксплуатации полимеров, не разлагающихся в почве сотни лет, что в итоге повлекло включение в них добавок, ускоряющих данный процесс.

Таким образом, потребность учета всех этапов жизненного цикла изделий при его разработке, изготовлении, эксплуатации и утилизации можно считать доказанной. Поэтому в данной работе предложена ее общая структурная схема, показанная на рисунке 1.

Особенностью предлагаемой структурной схемы является не только дополнение этапа производства изделий, связанного в ФОТ с этапом их эксплуатации – еще двумя парами взаимосвязанных переходов жизненного цикла: проектированием и конструированием, ремонтом и утилизацией, но и новый вид, в котором проектирование, конструирование и производство имеет общую точку, что сделано впервые. Объясняется эта схема тем, что данные процессы являются взаимосвязанными, поскольку проектирование и конструирование без учета производства не может быть оптимальным, а

возможности производства, как обратная связь, влияют на проектирование и конструирование.



Рисунок 1 – Общая структурная схема жизненного цикла изделия

Кроме того, для реализации производства необходимо проектирование технологических процессов, а также проектирование и конструирование приспособлений, режущих и контрольно-измерительных инструментов, и других сопутствующих технологических, технических и организационных систем. И весь этот триединый комплекс направлен на обеспечение оптимальных условий эксплуатации, ремонта и утилизации изделий и технических систем.

Основываясь на разработанной схеме (рис. 1) исходный вариант создания новой техники – функционально-ориентированные технологии (ФОТ), следует развить до «комплексно ориентированной разработки (КОР) техники и технологий», охватывающих все этапы ее жизненного цикла.

Развитие методологических принципов создания и производства новых объектов техники. Предложенная в работе [1] общая объектно-ориентированная модель синтеза структур комплексного функционально-ориентированного технологического процесса производства изделий ФОТ, составляет лишь часть триады КОР, и ее необходимо дополнить новыми подобными структурами для этапов проектирования и конструирования.

Новая исходная структура показана на рисунке 2, ее отличием от предложенной в работе [1] является объединение признаков макросистемы в одну общую переходную точку, поскольку они связаны между собой как напрямую, так и перекрестно, и каждая из сфер может влиять друг на друга в любой комбинации. Кроме того, в каждой из сфер этой макросистемы могут быть выделены, как объекты, так и процессы (для сфер, созданных человеком, последние можно считать технологиями), что также дополняет исходную иерархическую структуру работы. Поскольку для технологий эта структура в работе [1] представлена достаточно полно, в предлагаемой на рисунке 2 структуре она не приводится, а основное внимание уделено объектам техники.

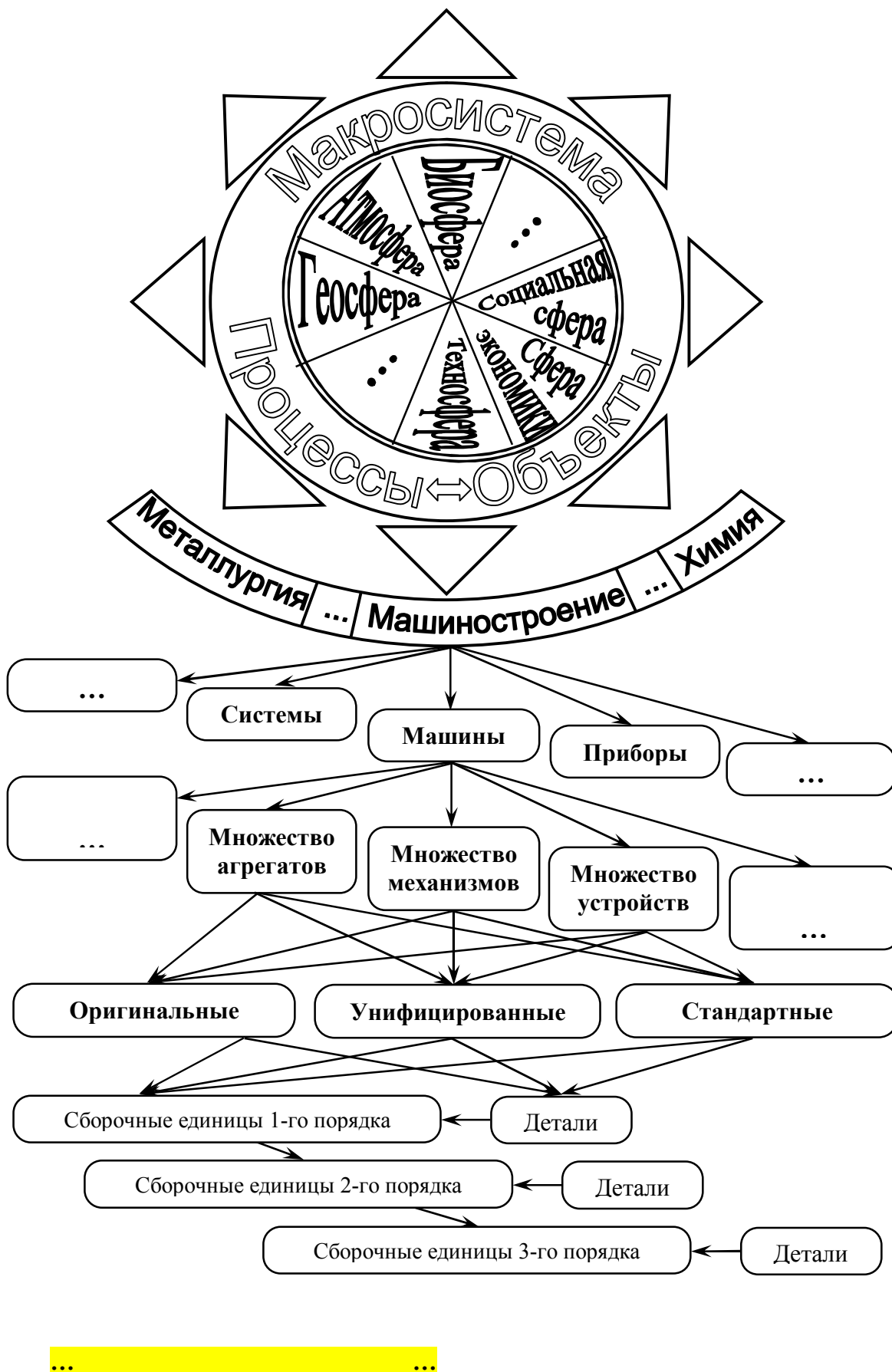


Рисунок 2 – Иерархическая структура макросистемы для объектов техники

Подобно иерархической структуре технологий [1], для техносферы объекты техники зависят от отраслевой структуры. В машиностроении это будут машины, приборы, механизмы, устройства и др. системы, которые в свою очередь можно разделить по назначению, а для каждого из них выделить множества оригинальных, унифицированных и стандартных изделий, составленных из сборочных единиц 1-го, 2-го и более высоких порядков сложности и составляющих их деталей, среди которых также можно выделить оригинальные, унифицированные и стандартные.

Следует учесть, что принципы ФОР достаточно полно разработаны в [1], в том числе в сфере понятий и терминологии, а принципы КОР требуют их уточнения.

Понятие "проектирование" (от латинского *projectionus* – взгляд вперед) следует рассматривать, как комплекс не только оптимальных, но и перспективных для будущего развития научно обоснованных технических решений, охватывающих разработку технико-экономического обоснования, выполнение расчетов, чертежей, макетов, смет, пояснительных записок и других материалов, необходимых для создания или реконструкции изделия. Следует учесть также многообразие методов проектирования, которое обусловлено разнообразием его целей, объектов и средств. Например, по целям – его следует разделять на текущее и перспективное, направленное на комплексное обеспечение всех элементов жизненного цикла изделия; по типу отображения объекта проектирования – на описательное, чертежное, объемное и др. [2].

Для ускорения процесса проектирования необходимо использовать системы автоматизированного проектирования (САПР) с применением ПК, снабженных соответствующим системным и оперативным программным обеспечением, устройствами ввода, переработки и отображения входной и выходной информации, в том числе графической. Предусматривать введение конструктивной унификации и модульной координации размеров и видов изделий, создавать серийные методы проектирования, позволяющие на базе единой исходной конструкции создавать ряд разновидностей изделия [2].

Понятие "конструирование" (от латинского *constructio* – составление, построение) – следует рассматривать как творческий процесс создания нового изделия – детали, блока (сборочной единицы), агрегата (механизма, устройства, машины) из известных, в т.ч. унифицированных элементов и блоков, конечным продуктом которого является чертеж или эскиз изделия.

Понятие "унификация" – (от латинского *unus* – один, *facio* – делаю) может быть использовано без дополнений [2] – относительное сокращение разнообразия исходных элементов по сравнению с разнообразием систем, в которых они применяются. Элементами унификации может быть объект, процесс или их признаки (значения параметров, или описаний качеств), или их совокупности, рассматриваемые при решении задачи, как неделимое целое. Благодаря унификации сокращаются затраты на проектирование, производство и эксплуатацию изделий.

Унифікація конструктивна – приведення конструктивних рішень изделия или его частей и деталей, выполняющих особые конструктивные функции, к технически обоснованному минимуму типов. В процессе унификации соблюдаются принципы конструктивной преемственности, максимального использования стандартных изделий, их частей и деталей, ранее использовавшихся в подобных конструкциях с возможно большим количеством одинаковых базовых и присоединительных элементов и их размеров, обеспечивающих их взаимозаменяемость и применение уже многократно проверенных изделий их частей и деталей. Унификация размеров и формы – приведення размеров изделий, их частей и деталей, выполняющих свои функции, к минимально возможному разнообразию [2].

Унифікація дозволяє на основі загальних конструктивних рішень застосовувати агрегування – метод конструювання изделий на базі застосування уніфікованих і стандартних складових частин шляхом зміни характеру їх з'єдинень і просторового поєднання, в межах заданих умов, що скорочує витрати на проектування, виробництво і експлуатацію изделий і дозволяє застосовувати агрегатний ремонт і модернізацію [2].

Унифікація служить основою стандартизації, однак її застосування для створення перспективних об'єктів техніки майбутнього повинно торкатися лише обмеженої кількості изделий [2].

Для рішення всіх перерахованих завдань повинен широко використовуватися прогресивний досвід проектування, накопленний в передових вузах і проектно-конструкторських організаціях, в т.ч. – по розробці системних методів творчості, включаючи АРИЗ, Метод морфологічного аналізу і др. Слід також урахувати, що, крім функціональних і технологічних факторів, в проектуванні і виробництві повинні бути враховані і інші фактори, в частині – економічні і соціальні, як це запропоновано проф. Половинкиним А.І. [3].

Проведений в роботі [4] аналіз показав, що функціональні і технологічні фактори виробництва технічних систем і їх изделий слід доповнити економічними і соціальними факторами, структура яких в загальному вигляді показана на малюнку 3. При цьому всі комплекси факторів повинні забезпечувати стратегію найвищої економічності на всіх етапах життєвого циклу об'єкта: від проектування і виробництва, до експлуатації, ремонту і утилізації.

Традиційно проблемне проектування і виробництво изделий виконують за наступною схемою: 1) необхідно побачити проблему; 2) вміти проаналізувати ситуацію; 3) знати можливі шляхи рішення проблеми і відомі для цього способи; 4) подолати інерцію мислення при висуненні ідей і пошуку нових рішень.



Рисунок 3 – Система исходных этапов и основных факторов процесса комплексно-ориентированной разработки (КОР) техники и технологий

При этом нахождение нового решения требует достаточно высокого уровня подготовки проектировщика, но и он не гарантирует успеха, т.к. объем работ по анализу известных решений и поиску новых (при условии сохранения высокого качества выполнения разработок) возрастает в машиностроении в среднем в 2-4 раза каждые 8-15 лет. Поэтому решение задачи комплексного функционально-ориентированного проектирования и производства технических объектов без применения системных методов активизации творчества затруднено.

Системные методы поиска новых технических решений, особенно – высокого уровня: функционально-стоимостной анализ (ФСА), алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ), метод морфологического анализа и синтеза и ряд других, облегчают данный процесс и приводят даже к таким решениям, которые парадоксальны с привычной точки зрения.

Поэтому в КОР системный подход нужен уже на этапе постановки проблемы. Затем он должен быть перенесен на этапы проектирования и производства с учетом всего жизненного цикла объекта техники. Следует также учесть, что для успешного решения любой задачи необходима корректная ее постановка, которую облегчает представленная на рисунке 3 схема. Если объект разработки выбран, то постановка задачи заключается в формулировке цели или главной потребности работы. Принято считать, что глобальная постановка задачи вытекает из народнохозяйственных потребностей, а если их не формулируют на уровне государственных и отраслевых программ, то ориентируются на лучшие мировые образцы. Однако в отечественном производстве такой путь чаще всего приводит к повторению чужих разработок без существенного продвижения вперед.

Устранить указанный недостаток могут системные методы поиска технических решений, поскольку позволяют значительно поднять уровень разработок и расширяют сферу их возможностей. При этом рекомендуется применять сочетания из нескольких системных методов, из которых к наиболее сильным можно отнести АРИЗ и морфологический анализ.

Для расширения возможностей этих системных методов на этапе выбора исходных признаков также предложена новая система (рис. 4), предусматривающая поэтапное преобразование задачи до элементарных структур и выполнения над ними действий алгоритмического типа (в т.ч. выделение противоречий и системный поиск путей их устранения). Наиболее полную разработку новой структуры обеспечивает предлагаемая иерархия из 125 признаков, которую следует учитывать на всех этапах проектирования и производства изделий, в рамках: описание объекта < > выполняемые этапы < > набор требований.

В общем виде иерархия описания по элементам разработана впервые и позволяет подробно выделить все исходные, промежуточные и конечные признаки, а в сочетании с другими их характеристиками, используемыми в морфологическом анализе: адекватности, доступности и состоятельности, они обеспечивают полноту составления матрицы возможных решений. Если

все выделенные элементы равноценны по степени допускаемых изменений, начинать анализ следует с базовых, постепенно приближаясь к элементу, напрямую связанному с главным нежелательным эффектом. При поиске идеального технического решения следует учесть внешнюю среду.



Рисунок 4 – Структурная система для анализа факторов в КОР техники

Таким образом, предлагаемый вариант применения элементов АРИЗ в методе морфологического анализа повышает уровень и качество КОР поискового характера при проектировании и производстве любых объектов техники. Это подтверждается его последующим применением авторами для решения конкретных задач в сфере создания и производства режущих

инструментов (получено более 20 патентов Российской Федерации и Украины) и гибких муфт (получено около 10 патентов Украины).

Выводы. Совокупность предлагаемых методов перспективна для последующей разработки технических систем и расширяет возможности проектирования и функционально-ориентированного производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2009. – 346 с.

2. Политехнический словарь / Редкол.: А.Ю. Ишлинский (гл. ред.) и др. – М.: Сов. энциклопедия, 1989. – 656 с.

3. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.

4. Михайлов А.Н., Настасенко В.А., Проценко В.А. Развитие принципов функционально-ориентированных технологий в проектировании технических систем: матеріали Республіканської науково-практичної конференції [«Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування»], (5-7 жовтня 2010 р. Херсон). – Херсон: Вид-во ХДМІ, 2010. – С. 66-69.

Михайлов О.М., Настасенко В.О., Проценко В.О. РОЗВИТОК ПРИНЦИПІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНО-ОРІЄНТОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ І ВИРОБНИЦТВІ ОБ'ЄКТІВ ТЕХНІКИ

На базі аналізу відомих принципів побудови функціонально-орієнтованих технологічних процесів і технічних систем, показано необхідність їх доповнення принципами функціонально-орієнтованого проектування і конструювання, об'єднаних загальною метою – оптимізацією умов експлуатації, ремонту і утилізації виробів, що робить дане завдання комплексним (триєдиним) і повністю замикає цю систему.

Ключові слова: функціонально-орієнтовані технологічні процеси, комплексне функціонально-орієнтоване проектування і конструювання, технологічні і соціально-економічні чинники.

Mikhailov A.N., Nastasenko V.A., Procenko V.A. DEVELOPMENT OF PRINCIPLES OF INFORMATION AND FUNCTIONALLY-ORIENTED TECHNOLOGIES AT PLANNING AND PRODUCTION OF OBJECTS OF TECHNIQUE

On the base of analysis of the known principles of construction of the functionally-oriented technological processes and technical systems, a necessity is returned of their addition principles of the functionally-oriented planning and constructing, incorporated a general purpose – optimization of external environments, repair and utilization of wares, that does this task complex (triune) and fully locks this system.

Keywords: functionally-oriented technological processes, complex functionally-oriented planning and constructing, technological and socio-economic factors.

МІКРОТВЕРДІСТЬ ЯК ЗАСІБ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ

*Моїсеєнко Л.Л., Гедвілло О.І.,
Херсонський державний морський інститут*

Дослідження на мікротвердість металів, як найбільш поширене і високопродуктивне неруйнівне випробування, є точним і надійним методом фізико-хімічного аналізу матеріалів.

Мікротвердість може виступати як засіб контролю якості механічних властивостей матеріалів і надавати інформацію про анізотропію механічних властивостей, відображати різницю енергії міжатомних зв'язків з різних кристалографічних площин і напрямів, і є достатньо чутливою до різних чинників, пов'язаних з енергією кристалічної решітки і періодичністю зміни атомного номера елемента, як і модуль пружності, температура плавлення.

Ключові слова: мікротвердість, механічні властивості матеріалів, контроль якості, енергія кристалічної решітки, атомний номер елемента.

Вступ. Науково-технічний розвиток практично в усіх галузях народного господарства безумовно пов'язаний з використанням новітніх прогресивних технологій та сучасних різноманітних матеріалів. Завдання розвитку техніки загалом та фундаментальних досліджень властивостей матеріалів не можуть бути успішно вирішені без удосконалення методів контролю їх якості, зокрема, у результаті визначення твердості.

Актуальність досліджень. Визначення твердості металів здійснюється як у промисловості, так і при лабораторних випробуваннях і суттєво частіше, ніж визначення інших механічних властивостей. Це обумовлено наступними перевагами, які притаманні вимірюванню твердості.

1. Між твердістю пластичних металів та іншими механічними властивостями (головним чином межею міцності) існує кількісна залежність. Роботи ряду вчених (Н.Н. Давиденков, Я.Б. Фрирман, М.П. Марковець) показали, що за значенням твердості можна визначити також і деякі пластичні властивості металів.

2. Вимірювання твердості за технікою виконання значно простіше, ніж визначення міцності, пластичності та в'язкості. Випробування твердості у значній більшості випадків не потребує виготовлення спеціальних зразків і виконуються безпосередньо на деталях, що перевіряються.

3. Вимірювання твердості звичайно не призводить до руйнування деталі, що перевіряється, і після вимірювання її можна використовувати за призначенням.

4. Твердість можна визначити на деталях невеликої товщини, а також у дуже тонких шарах металу.

Постановка задачі. Слід розрізняти два способи визначення твердості вдавлюванням: вимірювання макротвердості та вимірювання мікротвердості.

Якщо у першому випадку у випробовуваний матеріал вдавлюється тіло, що проникає на порівняно більшу глибину, і вимірювана твердість

характеризує твердість усього випробовуваного матеріалу, то вимірювання мікротвердості має на меті визначення твердості окремих зерен, фаз, структурних складових сплаву, а не “середню” твердість.

Випробування на мікротвердість металів, як найбільш поширене високопродуктивне неруйнівне випробування матеріалів, посідає одне з провідних місць серед засобів контролю якості матеріалів та їх обробки. Разом з тим таке дослідження є точним і надійним методом фізико-хімічного аналізу. Тому розвиток наукових основ цього випробування, його уніфікація і розширення галузей застосування представляє досить актуальне завдання. Пошук нових конструкційних матеріалів та різноманітних технологій обробки їх для найбільш складних експлуатаційних умов і різке підвищення вимог по відношенню до міцності, в'язкості, зношуваності матеріалів при екстремальних температурах, тисках, особливо в агресивних середовищах потребують розвитку і вдосконалення методів механічних досліджень.

У зв'язку з цим і викликаний інтерес до розвитку найпростішого без зразкового і універсального випробування на мікротвердість: з одного боку, це найбільш швидке, що не руйнує, випробування, придатне для автоматичного масового контролю якості матеріалу, правильності технологічної обробки виробів та деталей, а з другого – випробування на твердість і мікротвердість охоплює практично нічим не обмежене коло матеріалів, від найм'якіших (легкоплавкі метали, лід, графіт тощо) до ультратвердих (алмаз, тугоплавкі карбіди, бориди, абразивні матеріали тощо).

Метою статті є аналіз теоретичних основ сучасних способів визначення твердості і, зокрема, методики визначення мікротвердості.

Результати дослідження. Вибираючи той чи інший матеріал для виготовлення різних деталей, конструктор, враховуючи умови, в яких вони працюють, цікавиться, перш за все, властивостями цього матеріалу. Зрозуміло, що від того, якими властивостями володіє матеріал, і залежить в основному його застосування. Це, перш за все, відноситься і до таких важливих конструкційних матеріалів, як метали і сплави на їх основі.

За останні роки в науці і техніці досягнуто значних успіхів у розробці й впровадженню в промисловість нових конструкційних матеріалів, удосконалення технології їх виготовлення та обробки. Безперечно, що виконати це без відповідного постійного контролю за якістю технології їх одержання та обробки неможливо. Особливо це відноситься до їх механічних властивостей.

Механічні властивості – найбільш важлива характеристика металів. Результати механічних досліджень розширюють знання про природу металів і процесів, що відбуваються при їх обробці. Серед найбільш розповсюджених способів визначення механічних властивостей металів є випробування на твердість. Твердість вимірюють шляхом впливу на поверхню металу наконечника, виготовленого із матеріалу, що мало деформується (тверда загартована сталь, алмаз або твердий сплав), і має форму кульки, конуса, піраміди або голки [1].

Існує кілька способів вимірювання твердості, що розрізняються за характером впливу наконечника. Найбільше застосування одержало вимірювання твердості вдавлуванням.

У результаті вдавлування з достатньо великим навантаженням поверхневий шар металу, що знаходиться під наконечником та поблизу нього зазнає пластичної деформації. Після зняття навантаження у випробуваному тілі залишається відбиток. Особливість деформації, що при цьому відбувається, полягає в тому, що вона протікає тільки у невеликому об'ємі, обмеженому недеформованим металом. Тому при вимірюванні твердості вдавлуванням пластичної деформації зазнають не тільки пластичні метали, але і непластичні, наприклад, чавун.

Випробування на мікротвердість дає можливість одержати пластичні (без руйнування) відбитки на найбільш крихких матеріалах, із яких приготувати зразки для інших механічних досліджень дуже важко або неможливо.

З точки зору механіки твердість представляє собою локальний опір пружним та пластичним деформаціям при упровадженні в площину випробовуваного матеріалу жорсткого наконечника і виражається середнім контактним тиском на поверхні не поновлюваного відбитка або середньою роботою, що витрачається на витіснення одиниці об'єму матеріалу з-під наконечника [2].

У якості індентора може бути вибрана жорстка сфера довільного діаметра, що вдавлюється на будь-яку глибину: конус з будь-яким кутом загострення; піраміда з трикутною, квадратною, ромбічною або іншою основою, з довільними кутами нахилу граней до осі; біконічне або біциліндричне лезо; плоский штамп у вигляді торцю циліндра тощо.

З міркувань зручності вимірювань та для дотримання постійності твердості даного матеріалу можна зафіксувати або певний кут вдавлення для сферичного індентора, або певний кут між гранями піраміди, або постійний кут загострення конуса. Проте вибір довільних взаємно незв'язаних форм інденторів виключає співпадання або хоч би стійку відповідність чисел твердості внаслідок значної відмінності напружених станів матеріалів під інденторами різних форм. Тому необхідно вибрати одну, найбільш раціональну форму індентора, що забезпечувала відповідність напружених станів навколо відбитків. Ідеальним був би такий вибір форми інденторів, який забезпечував би збіг чисел твердості для одного і того ж випробовуваного тіла при дослідженні даним індентором з різними навантаженнями.

На наш погляд, на увагу заслуговує метод використання індентора у вигляді 136-градусної піраміди з квадратною основою. Індентор у формі чотиригранної піраміди з квадратною основою і кутом між гранями 136° , відомої як піраміда Віккерса, дає збіг кутів відповідно збігу чисел твердості [3]. У той же час використання гострокінцевої 136-градусної піраміди виключило головний недолік сферичного наконечника – порушення геометричної та механічної подібності відбитків у міру заглиблення індентора під дією навантаження.

Стандартне відношення $d/D = 0,375$ відповідає великим ступеням деформації та стійко пов'язане з межею міцності.

Індентор у формі чотиригранної піраміди з квадратною основою і кутом між гранями 136° використаний у мікротвердомірі ПМТ-3.

Принцип дії приладу заснований на вдавлюванні алмазної піраміди у досліджуваний матеріал під певним навантаженням та вимірюванні лінійної величини діагоналі одержаного відбитка. Число мікротвердості H визначається відношенням навантаження P до бокової поверхні S відбитка у припущенні, що кути відбитка відповідають кутам піраміди:

$$H = \frac{P}{S}. \quad (1)$$

На предметний столик слід помістити об'єкт-мікрометр (зразок) і переміщенням тубусу встановити різке зображення об'єкт-мікрометра, який необхідно повернути так, щоб його штрихи були паралельними штрихам рухомої шкали окулярного мікрометра.

При роботі з приладом ПМТ-3 слід звертати увагу на наступні моменти. Обертанням барабанчика окулярного мікрометра сумістити перехрестя рухомої сітки окулярного мікрометра із зображенням штриха об'єкт-мікрометра та зробити відлік по барабанчику окулярного мікрометра.

Досліджуваний шліф встановлюють на пластині на предметному столику. При цьому поверхня зразка повинна бути паралельною робочій площині столика. Фокусують мікроскоп з об'єктивом $F = 6,2$, $A = 0,65$ на випробовувану поверхню.

Положення механізму навантаження по висоті повинно бути відрегульоване так, щоб при сфокусованому мікроскопі з об'єктивом $F = 6,2$, $A = 0,65$ на свіжий відкол кам'яної солі алмазна піраміда з навантаженням 5 Г залишала відбиток з діагоналлю, рівною $21 \dots 22 \text{ мкм}$ або $70 \dots 75$ поділок барабанчика окулярного мікрометра, що відповідає мікротвердості кристалу кам'яної солі $19 \dots 21 \text{ кг/мм}^2$. При цьому слід дотримуватись, щоб товщина кристалу солі не повинна бути меншою $1,0 \text{ мм}$.

Число твердості можна визначити за таблицею [4] або підрахувати за формулою:

$$H = \frac{1854 P}{C^2}, \quad (2)$$

де H – число твердості, кг/мм^2 ;

P – навантаження, Г ;

C – діагональ відбитка, мкм .

Для загальноприйнятого способу обчислення мікротвердості у вигляді формули (1) необхідно знаходити значення середньгеометричної діагоналі ромбічного відбитка $d_{\text{ср.геом.}} = \sqrt{d_{\text{мін}} \cdot d_{\text{макс}}}$.

Висновки. Мікротвердість, як засіб контролю якості та характеру і кількісної характеристики механічних властивостей матеріалу, може також

давати інформацію про анізотропію механічних властивостей та відобразити різницю енергії міжатомних зв'язків по різних кристалографічних площинах і напрямках.

Мікротвердість не є такою суворою фізичною константою, як, наприклад, температура плавлення. Однак, ця умовна узагальнена характеристика опору значним пластичним деформаціям при контактному стисненні досить чутлива до різних факторів, пов'язаних з енергією кристаллевої ґратки, та періодичністю зміни атомного номера елемента, рівно, як модуль пружності, температура плавлення тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Атаманюк В.В. Технология конструкционных материалов: пособие для высших учебных заведений. – К.: Кондор, 2006. – 528 с.
2. Григорович В. К. Твердость и микротвердость металлов. – М.: Наука, 1976. – 230 с.
3. Smith R.L., Sandland G.E. Some notes on the use of a diamond pyramid for hardness testing. – J. Iron and Steel Institute, 1925. – Vol. 3, № 1. – P. 285-304.
4. Микротвердомер ПМТ-3. Инструкция к пользованию. – Ордена Ленина Ленинградское оптико-механическое объединение. – Л., 1970. – 28 с.

Моисеенко Л.Л., Гедвилло О.И. МИКРОТВЕРДОСТЬ КАК СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Исследование на микротвердость металлов, как наиболее распространенное и высокопродуктивное неразрушающее испытание, является точным и надежным методом физико-химического анализа материалов.

Микротвердость может выступать как средство контроля качества механических свойств материалов и давать информацию об анизотропии механических свойств, отображать разницу энергии межатомных связей по разным кристаллографическим плоскостям и направлениям и является достаточно чувствительной к разным факторам, связанным с энергией кристаллической решетки и периодичностью изменения атомного номера элемента, как и модуль упругости, температура плавления.

Ключевые слова: микротвердость, механические свойства материалов, контроль качества, энергия кристаллической решетки, атомный номер элемента.

Moiseenko L.L., Gedvillo O.I. MICROHARDNESS AS THE METHOD OF QUALITY CONTROL OF MATERIALS MECHANICAL PROPERTIES

Research on the microhardness of metals, as most widespread and highly productive non-destructive test, is the exact and reliable method of physical and chemical analysis of materials.

A microhardness can be considered as quality control of mechanical properties of materials, and gives information about the anisotropy of mechanical properties, to represent the difference in energy of interatomic bonds on different crystallographic planes and directions and is sensible enough to various factors, related to energy of crystal lattice and periodicity of change of atomic number of element, as well as modulus of elasticity, temperature of melting.

Key words: microhardness, mechanical properties of materials, quality control, energy of crystal lattice, atomic number of element.

**РОЗРАХУНОК ДЕЯКИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОННОЇ СТРУКТУРИ
ВИЩИХ БОРИДІВ РІДКОЗЕМЕЛЬНИХ МЕТАЛІВ***Моїсєнко Л.Л.,**Херсонський державний морський інститут*

У роботі проведено оцінку деяких параметрів електронної структури додекаборидів рідкоземельних металів (РЗМ) в однозонному наближенні на підставі експериментальних результатів їх електрофізичних властивостей.

Порівняння запропонованого аналітичного розрахунку з відомим графічним показало достатню близькість результатів, що підтверджує доцільність використання даного розрахунку внаслідок його простоти і меншої трудомісткості.

Ключові слова: електронна структура, додекабориди РЗМ, енергія Фермі, коефіцієнт розсіювання.

Вступ, постановка задачі. У роботі проведена оцінка деяких параметрів електронної структури додекаборидів рідкоземельних металів (РЗМ) в однозонному наближенні на підставі експериментальних результатів їх електрофізичних властивостей.

Зразки для дослідження електрофізичних властивостей зазначених матеріалів одержані шляхом двохступінчастого синтезу при вакуумному боротермічному відновленні [1]. За результатами хімічного, рентгенівського та спектрального аналізів одержані матеріали були однофазними, що відповідали формулі сполук типу MeB_{12} . Для проведення експериментальних досліджень зразки готувалися методом вакуумного спікання з попереднім пресуванням на холоді під тиском близько 10^4 $кГ/см^2$.

Як відомо, електронна структура металоподібних сполук перехідних металів складна і визначається, в основному, електронно-дірковим характером явищ електропереносу внаслідок незаповнених електронних оболонок і перекриття верхніх енергетичних зон. Тому застосування однозонного уявлення до боридів металів не завжди виправдане. Але, разом з тим, експериментальні дослідження електричного опору ρ , коефіцієнта термо-ерс α , ефекту Холла R додекаборидів РЗМ при температурі $T = 300$ $К$ [2] вказують на домінуючий електронний характер провідності σ , що дає підстави використати однозонні уявлення для оцінки параметрів електронної структури таких, як енергія Фермі μ , ефективна маса носіїв струму m^* та коефіцієнт розсіювання носіїв r .

Для розрахунку величин μ і r була розв'язана система рівнянь [3], що пов'язує зазначені параметри із експериментально визначеними величинами електричного опору, коефіцієнта термо-ерс і їх температурними похідними

$$\frac{d\rho}{dT} \text{ та } \frac{d\alpha}{dT} :$$

$$\frac{T}{\rho} \frac{d\rho}{dT} = f_1(\mu^*, r); \quad T \frac{d\alpha}{dT} = f_2(\mu^*, r), \quad (1)$$

де $\mu^* = \frac{\mu}{kT}$, k – постійна Больцмана.

В однозонному наближенні у випадку сильного, але неповного виродження, коефіцієнт термо-ерс α і електричний опір ρ зв'язані з енергією Фермі і параметром розсіювання наступними виразами:

$$\alpha = \frac{\pi^2 k^2 T}{3e \mu} (r+1); \quad (2)$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{en\mu}, \quad (3)$$

де рухливість електронів $\mu = \mu_0 T^{-3/2(1-r)}$, (4)

а їх концентрація $n = \frac{8\pi}{h^3} (2m^*)^{3/2} \mu^{3/2} [1 + \frac{\pi^2 (kT)^2}{8\mu^2}]$. (5)

Підстановка формул (2)...(5) у вираз (1) приводить до системи рівнянь із формул (6 та 7):

$$f_1(\mu^*, r) = \frac{3}{2} (1-r) - \frac{1}{\frac{4\mu^{*2}}{\pi^2} + \frac{1}{2}}; \quad (6)$$

$$f_2(\mu^*, r) = \frac{\pi^2 k (r+1)}{3e\mu^*}. \quad (7)$$

Ця система рівнянь може бути розв'язана графічно. Для цього, надаючи різні значення коефіцієнту розсіювання

$$r = \frac{2 T}{3 \rho} \frac{d\rho}{dT}, \quad (8)$$

знаходилися відповідні значення енергії Фермі

$$\mu^* = \frac{\pi^2 k (r+1)}{3eT \frac{d\alpha}{dT}} \quad (9)$$

для різних температур в інтервалі $T=125...300$ K і будувалися сімейства характеристик $f_1(\mu)$ та $f_2(\mu)$ при різних значеннях r у межах 0...2. Для

значень $\mu^* > 10$ знаходився інтеграл Фермі – Дірака $F_{1/2}(\mu^*)$, за допомогою якого число носіїв струму пов'язане з рівнем Фермі співвідношенням

$$n = 4,831 \cdot 10^{15} \left(\frac{m^*}{m_0}\right)^{3/2} T^{3/2} F_{1/2}(\mu^*), \quad (10)$$

який розраховувався за формулою

$$F_{1/2}(\mu^*) = \frac{4\mu^{*3/2} \left(1 + \frac{\pi^2}{8\mu^{*2}}\right)}{3\pi^{1/2}}. \quad (11)$$

Побудовані графіки $\mu(r)$ для функцій f_1 та f_2 , перетинаючись дають оптимальні значення рівня Фермі μ і коефіцієнта розсіювання r .

Та графічний спосіб досить трудомісткий і надто наближений. Доцільним є аналітичне рішення системи відносно μ і r , що приводить до кубічного рівняння, яке розв'язується методом Кардано. Зокрема, відносно параметра розсіювання r кубічне рівняння має вигляд:

$$r^3 + \frac{2f_1 - 3}{3} r^2 + \left(\frac{4f_1 - 3}{3} - \frac{13,5e^2 f_2^2}{12\pi^2 k^2}\right) r + \left(\frac{2f_1 - 3}{3} + \frac{e^2 f_2^2 (9f_1 - 31,5)}{12\pi^2 k^2}\right) = 0. \quad (12)$$

Аналогічно записується і кубічне рівняння відносно енергії Фермі μ .

Результати дослідження. Експериментальні результати електрофізичних властивостей зразків та розраховані зазначеним чином параметри електронної структури енергії Фермі μ^* і коефіцієнта розсіювання r наведені у таблицях 1 та 2.

Таблиця 1 – Експериментальні електрофізичні властивості додекаборидів РЗМ

Фаза	$\rho, 10^{-8}$ Ом·м	$\alpha, 10^{-6}$ В·К ⁻¹	$R, 10^{10}$ м ³ /Кл
YB ₁₂	11,56	-3,2	-4,88
TbB ₁₂	16,60	-2,8	-4,85
DyB ₁₂	13,32	-2,9	-4,84
HoB ₁₂	13,85	-3,3	-4,85
ErB ₁₂	14,18	-1,6	-4,86
TmB ₁₂	15,95	-1,9	-4,90
YbB ₁₂	188,4	-39,3	-7,30
LuB ₁₂	12,20	-2,8	-4,98

Таблиця 2 – Розрахункові результати параметрів електронної структури додекаборидів РЗМ

Фаза	$\frac{d\rho}{dT}, 10^{-10}$	$\frac{d\alpha}{dT}, 10^{-8}$	$\frac{m^*}{m_0}$	Розраховані параметри			
				аналітично		графічно	
				μ, eV	r	μ, eV	r
YB ₁₂	6,0	-1,7	1,443	1,38	-0,039	1,38	-0,039
TbB ₁₂	6,75	-4,25	0,294	6,82	0,187	7,014	0,186
DyB ₁₂	4,87	-1,5	0,969	2,06	0,268	2,068	0,269
HoB ₁₂	5,25	-1,3	0,857	2,33	0,242	2,34	0,241
ErB ₁₂	5,59	-1,28	0,864	2,314	0,21	2,31	0,212
TmB ₁₂	6,06	-3,75	0,246	8,078	0,24	8,066	0,241
YbB ₁₂	-17,07	17,5	5,005	8,30	1,169	0,312	1,35
LuB ₁₂	6,82	-1,52	1,292	1,55	-0,034	1,54	-0,041

Висновки. Порівнюючи результати аналітичного і графічного способів визначення параметрів електронної структури додекаборидів РЗМ, слід відмітити достатню близькість їх між собою, хоча і є деякі незначні відмінності параметрів, можливо за рахунок похибок експериментальних даних.

Відносна простота аналітичного розрахунку свідчить про більшу доцільність його застосування при визначенні параметрів електронної структури металоподобних сполук в однозонному наближенні при звичайних кімнатних температурах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Моисеенко Л.Л., Одинцов В.В. Особенности получения однофазных кубических додекаборидов редкоземельных металлов // Изв. Сибирского отделения АН СССР, Серия химических наук. – 1978. – Вып. 5, №12. – С. 48-50.
2. Моисеенко Л.Л. Электрофизические свойства додекаборидных фаз РЗМ // Укр. физ. журнал. – 1982. – Вып. 27, №9. – С. 1340-1343.
3. Самсонов Г.В., Серебрякова Т.И., Неронов В.А. Бориды. – М.: Атомиздат, 1975. – 376 с.
4. Падерно Ю.Б., Серебрякова Т.И., Дудник Е.М., Лазоренко В.И. Некоторые электрофизические характеристики тетраборидов РЗМ. – В кн.: Сплавы редких металлов с особыми физическими свойствами. – М.: Наука, 1975. – С. 118-121.

Моисеенко Л.Л. РАСЧЕТ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ ВЫСШИХ БОРИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

В работе проведена оценка некоторых параметров электронной структуры додекаборидов редкоземельных металлов (РЗМ) в однозонном приближении на основании экспериментальных результатов их электро-физических свойств.

Сравнение предложенного аналитического расчета с известным графическим показало достаточную близость результатов, что подтверждает целесообразность использования данного расчета вследствие его простоты и меньшей трудоемкости.

Ключевые слова: электронная структура, додекабориды РЗМ, энергия Ферми, коэффициент рассеивания.

Moiseenko L.L. CALCULATION OF SOME PARAMETERS OF ELECTRONIC STRUCTURE FOR HIGHER BORIDES OF RARE-EARTH METALS

The estimation of some parameters of electronic structure of dodeca-borides of rare-earth metals (RZM) is in-process conducted in the single zone approximation on the basis of experimental results of their electro-physical properties. The comparison of the proposed analytical calculation with the known graphical one has shown a sufficient proximity of results that confirmed the expedience of the use of this calculation because of its simplicity and less labor intensiveness.

Key words: electronic structure, dodeca-borides of RZM, Fermi's energy, dissipation factor.

ЩОДО ВЕРТИКАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ РУХУ БЕЗКАНАТНОГО ФРИКЦІЙНОГО ЛІФТУ

*Молчанов А.О., Казанчан А.К.,
Херсонський державний морський інститут*

У статті розглядаються умови, за яких можливий стійкий рух по вертикалі механізму безканатного фрикційного ліфта.

Ключові слова: безканатний фрикційний ліфт, тяговий орган, рух по вертикалі, стійкість.

Вступ. Без комплексів підйому неможлива робота багатьох сучасних підприємств, особливо гірничодобувних, на яких підйомні установки застосовуються для спуску і підйому людей, допоміжних матеріалів і устаткування, корисних копалин і порожньої породи. Ними обладнуються для будівництва і експлуатації вертикальні і похилі стовбури шахт і копалень.

Сучасні морські і річкові порти, причали яких призначені для прийому і обробки суден – контейнеровозів і суховантажів, плавучих контейнерів (ліхтерів), обладнуються спеціальними кранами, так званими причальними перевантажувачами. Такі підйомно-транспортні механізми переміщуються рейковими шляхами кранів, прокладених уздовж лінії причалу (часто впритул до кромки набережної), і забезпечують високу продуктивність навантажувально-розвантажувальних робіт на ділянці берег – судно.

Проте останнім часом із збільшенням глибини розробки шахт все більш виразно почали виявлятися істотні недоліки існуючих підйомних комплексів. До них, у першу чергу, слід віднести великі витрати енергії і високу вартість, різке погіршення показників при збільшенні глибини розробки.

На досягнутих до теперішнього часу глибинах розробки (1000-1500 і більше метрів) починає вичерпуватися так звана міцна довжина канатів L_0 , яка вказує граничну глибину, на якій канат розривається під власною вагою. Так, для вантажолюдських підйомів міцна (гранична) довжина каната дорівнює:

$$L_0 = \frac{\sigma_z}{m \cdot \gamma_0} = \frac{160 \cdot 10^3}{9 \cdot 78} = 2280 \text{ м},$$

де σ_z – тимчасовий опір розриву металу дротів канату,

$$\sigma_z = 160 - 180 \text{ МПа};$$

m – запас міцності канату, $m = 9$;

γ_0 – фіктивна щільність канату, $\gamma_0 = 78 \text{ кН} \cdot \text{м}^{-3}$.

Таким чином, уже на глибинах більше 1000-1200 м половина міцності канату витрачається на підйом його власної ваги. А якщо врахувати вагу причіпного і транспортного пристрою, то ефективність канатного підйому виявляється на цих глибинах ще менше (близько 0,4-0,5).

Тільки 42% потужностей багатоканатної підйомної установки використовується безпосередньо на підйом корисного вантажу. У таких же межах 0,4-0,45 знаходиться технічний коефіцієнт корисної дії (ККД) і інших підйомних установок, знижуючись із збільшенням глибини підйому.

Очевидно, що властиві сучасному канатному підйому технічні суперечності є серйозною перешкодою для розвитку підземних гірничих підприємств. Вирішення цієї технічної суперечності слід шукати на шляху відмови від головного атрибуту шахтного підйому, який до цих пір здавався непорушним, – *каната*.

Як було наведено в роботі [1], у підйомно-транспортній техніці разом із вдосконаленням традиційних засобів канатного підйому почав розвиватися новий, механічного типу напрям, що кардинально змінює принцип підйому вантажів шляхом відмови від канатного підйому й розробки і створення засобів і *систем безканатного підйому*.

Технічна сутність цього питання спрямована на підйомно-транспортне устаткування (автономні тягачі), що здатні пересуватися трасами будь-якого профілю, як горизонтальними, так і вертикальними, і навіть повернутими на 180° міжповерховими горизонтальними, та структури, що спряжені між собою на межі горизонтальних та вертикальних трас за допомогою перехідних кривих і без кінематичного замикання стику, у тому числі на трасах, що розташовані за поверховою системою.

Актуальність дослідження. Безканатний механічний підйомник є самохідним вантажоносієм, що переміщується вертикальною або складною просторовою трасою за допомогою автономного механізму пересування, який може бути обладнаний одним з трьох типів рушіїв – гвинтовим, зубчасторесечним або колісно-рейковим (фрикційним). На наш погляд, колісно-рейкові рушії найбільш перспективні, оскільки володіють такими істотними перевагами, як високий ККД, низька енергоємність, компактність і простота конструкції.

Постановка задачі. Прийнята в безканатному фрикційному ліфті система автономного електроприводу тягових коліс дає підставу припускати, що внаслідок можливих відхилень механічних характеристик електродвигунів, а також різної швидкості прослизання приводних коліс при русі тягового органу можливий його перекид. Первинний перекид може при подальшому русі або збільшуватися, або зменшуватися, тобто рух даної системи може бути стійким або нестійким. Визначимо умови, за яких рух по вертикалі системи фрикційного ліфту буде стійким.

Викладення основного матеріалу. Для розв'язання завдання стійкості запишемо рівняння руху механічної системи у вигляді рівняння Лагранжа другого роду:

$$\frac{d}{dt} \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial q_i} \right) + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} = Q_i. \quad (1)$$

Потенційна енергія системи складатиметься з потенційної енергії в полі тяжіння Землі

$$\Pi_3 = M_1 \cdot g \cdot x_1 + M_2 \cdot g \cdot x_2 \quad (2)$$

і потенційній енергії пружної деформації провідників з урахуванням переміщення тягового органу (рисунок 1).

$$\Pi_{\text{упр}} = \frac{c_1(\lambda \cdot x_0 - y_0)^2}{2} + \frac{c_2(\lambda \cdot x_0 + y_0)^2}{2}, \quad (3)$$

де M_1 і M_2 – відповідно маси вантажу, що транспортується, і тягового органу;
 x_1 і x_2 – координати центру тяжіння вантажу і тягового органу;
 c_1 і c_2 – жорсткості направляючих;
 y_0 – поперечне переміщення центру тяжіння тягового органу;
 x_0 – поздовжнє переміщення центру тяжіння вантажу.

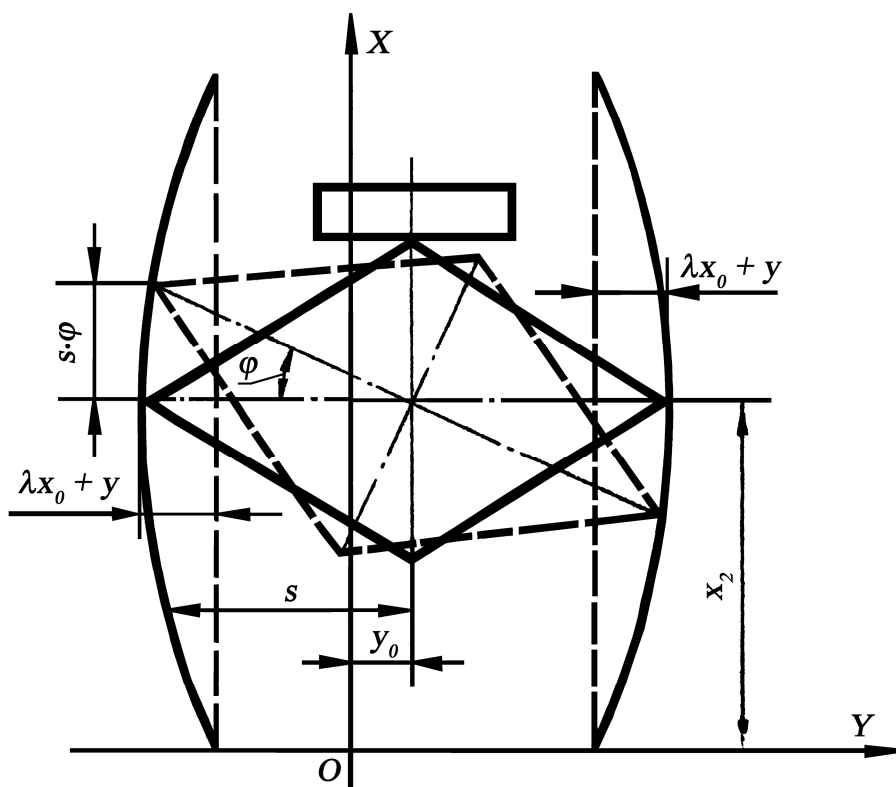


Рисунок 1 – Схема взаємодії тягового органу безканатного фрикційного ліфту з напрямними при їх перекосі

Приймаємо $\lambda = \frac{\Delta_1}{x_0}$,

де Δ_1 – переміщення тягових коліс при пружній деформації направляючих. Складаючи рівняння (2) і (3), отримаємо:

$$П = M_1 \cdot g \cdot x_1 + M_2 \cdot g \cdot x_2 + \frac{c_1(\lambda \cdot x_0 - y_0)^2}{2} + \frac{c_2(\lambda \cdot x_0 + y_0)^2}{2}. \quad (4)$$

Жорсткість направляючих c_1 и c_2 визначається з виразів:

$$c_1 = \frac{3E \cdot I \cdot l^3}{(x_2 + s \cdot \varphi)^3 [l - (x_2 + s \cdot \varphi)]^3}, \quad (5)$$

$$c_2 = \frac{3E \cdot I \cdot l^3}{(x_2 - s \cdot \varphi)^3 [l - (x_2 - s \cdot \varphi)]^3},$$

де φ – кут повороту тягового органу в площині xOy ,
 s – відстань від центру колеса до центру паралелограма,
 l – довжина направляючої.

Кінетична енергія системи має наступний вигляд:

$$T = \frac{(M_1 + \Delta M_1) \cdot \dot{x}_1^2}{2} + \frac{(M_2 + \Delta M_2) \cdot \dot{x}_2^2}{2} + \frac{I_\varphi \cdot \dot{\varphi}^2}{2} + \frac{I_{\partial\phi} \cdot \dot{\varphi}_1^2}{2} + \frac{I_{\partial\phi} \cdot \dot{\varphi}_2^2}{2} + (M_1 + M_2) \cdot \frac{\dot{y}^2}{2}, \quad (6)$$

де φ_1 и φ_2 – кути повороту роторів двигунів;
 I_φ – момент інерції установки щодо центру ваги системи;
 $I_{\partial\phi}$ – момент інерції ротора електродвигуна;
 ΔM – приріст мас за рахунок інерційних сил, які виникають при перенесенні системи.

Узагальнені сили, які діють на систему, такі:

– сила, яка діє на візок у напрямі осі Oy :

$$Q_1 = 0 \quad (7)$$

– сила, яка діє на тяговий орган у напрямі осі Ox :

$$Q_2 = \frac{M_{\partial e1}}{R} + \frac{M_{\partial e2}}{R}; \quad (8)$$

– момент, який повертає тяговий орган за годинниковою стрілкою в площині xOy:

$$Q_3 = \frac{M_{\partial e1}}{R} \cdot s - \frac{M_{\partial e2}}{R} \cdot s, \quad (9)$$

де R – радіус тягових коліс;
 $M_{\partial e}$ – моменти двигунів:

$$Q_4 = \dot{I}_{aa1}; \quad (10)$$

$$Q_5 = M_{\partial e2}. \quad (11)$$

Момент двигуна є лінійною функцією швидкості

$$\dot{I}_{aa1} = a - k \cdot \omega_1; \quad M_{aa2} = a - k \cdot \omega_2 \quad (12)$$

і, якщо немає прослизання коліс по направляючій, то очевидно:

$$\omega_1 = \dot{\phi}_1 - \dot{\phi}, \quad \omega_2 = \dot{\phi}_2 + \dot{\phi}. \quad (13)$$

Обчислюючи похідні при $A - (x_1 - x_2) > 0$; $A - (x_1 - x_2) < 0$, де A – відстань від центру ваги тягового органу до осі приводних коліс, і підставляючи обчислені значення похідних до рівняння (1) з урахуванням співвідношень (7) – (13), отримаємо:

рух маси M_1 по вертикалі

$$(M_1 + \Delta M_1) \cdot \ddot{x}_1 + M_1 \cdot g - \lambda \cdot c_1 (\lambda \cdot x_0 - y_0) - \lambda \cdot c_2 (\lambda \cdot x_0 + y_0) = 0; \quad (14.1)$$

рух маси M_2 по вертикалі

$$\begin{aligned} & (M_2 + \Delta M_2) \cdot \ddot{x}_2 + M_2 \cdot g - \lambda \cdot c_1 (\lambda \cdot x_0 - y_0) + \lambda \cdot c_2 (\lambda \cdot x_0 + y_0) = \\ & = \frac{1}{R} [a - k(\dot{\phi}_1 - \dot{\phi}) + a - k(\dot{\phi}_2 + \dot{\phi})]; \end{aligned} \quad (14.2)$$

перекіс тягового органу

$$I_\varphi \cdot \ddot{\phi} = \frac{S}{R} [a - k(\dot{\phi}_1 - \dot{\phi}_2) - a + k(\dot{\phi}_2 + \dot{\phi})]; \quad (14.3)$$

обертання роторів електродвигунів

$$I_{\partial e1} \cdot \ddot{\phi}_1 = a - k(\dot{\phi}_1 - \dot{\phi}); \quad I_{\partial e2} \cdot \ddot{\phi}_2 = a - k(\dot{\phi}_2 + \dot{\phi}); \quad (14.4)$$

рух маси M_1 і M_2 по горизонталі

$$(M_1 + M_2) \cdot \ddot{y} - c_1(\lambda \cdot x_0 - y) + c_2(\lambda \cdot x_0 + y) = 0. \quad (14.5)$$

Як видно, рівняння (14.3) і (14.4) утворюють замкнену систему, що не зв'язана з рештою рівнянь системи (14). Інтегруючи дану систему один раз, шукатимемо рішення у формі однорідних рівнянь:

$$\begin{aligned} I_\varphi \cdot \dot{\varphi} + [k(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) - 2k \cdot \varphi] \cdot \frac{s}{R} &= 0; \\ I_{\delta\delta 1} \cdot \dot{\varphi}_1 + k(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}) &= 0; \\ I_{\delta\delta 2} \cdot \dot{\varphi}_2 + k(\dot{\varphi}_2 + \dot{\varphi}) &= 0. \end{aligned} \quad (15)$$

При цьому, нехай $\varphi = Al^{\lambda t}$; $\varphi_1 = Bl^{\lambda t}$; $\varphi_2 = Cl^{\lambda t}$, тоді при підстановці до рівняння (15) отримаємо:

$$\begin{aligned} A \left[I_\varphi \lambda - \frac{2ks}{R} \right] + B \left[\frac{ks}{R} \right] + C \left[-\frac{ks}{R} \right] &= 0, \\ A[-k] + B[I_{\delta\delta} \lambda + k] + C[0] &= 0, \\ A[k] + B[0] + C[I_{\delta\delta} \lambda + k] &= 0. \end{aligned} \quad (16)$$

Нетривіальне розв'язання системи (16) буде при визначнику, що дорівнює нулю:

$$\begin{vmatrix} I_\varphi \lambda - \frac{2ks}{R} & \frac{ks}{R} & -\frac{ks}{R} \\ -k & I_{\delta\delta} \lambda + k & 0 \\ k & 0 & I_{\delta\delta} \lambda + k \end{vmatrix} = 0. \quad (17)$$

Розкриваючи визначник, отримаємо:

$$\left(I_\varphi \lambda - \frac{2ks}{R} \right) (I_{\delta\delta} \lambda + k)^2 + \frac{2k^2 s}{R} (I_{\delta\delta} \lambda + k) = 0. \quad (18)$$

Розв'язуючи рівняння (18) відносно λ , отримаємо:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= -\frac{k}{I_{\delta\delta}} < 0; \quad \lambda_2 = 0; \\ \lambda_3 &= -\frac{1}{I_\varphi \cdot I_{\delta\delta}} \left(k \cdot I_\varphi - \frac{2ks}{R} \cdot I_{\delta\delta} \right). \end{aligned} \quad (19)$$

Третій корінь λ_3 буде негативним у тому випадку, якщо

$$I_\varphi > \frac{2S}{R} \cdot I_{\delta\delta}, \quad (20)$$

що є умовою неприпустимості перекосу системи.

Насправді, якщо $\lambda_1 < 0$ і $\lambda_3 < 0$, то рішення для φ , φ_1 і φ_2 приймуть вигляд:

$$\varphi = A_1 l^{-\lambda_1 t} + A_2 l^{-\lambda_3 t}; \varphi_1 = B_1 l^{-\lambda_1 t} + B_2 l^{-\lambda_3 t}; \varphi_2 = C_1 l^{-\lambda_1 t} + C_2 l^{-\lambda_3 t}, \quad (21)$$

тобто з часом при будь-якому початковому обуренні кут φ прагне до нуля при $t \rightarrow \infty$. І, навпаки, якщо умова (20) не виконується, тобто $\lambda_3 > 0$, рішення для φ має вигляд:

$$\varphi = A_1 l^{-\lambda_1 t} + A_2 l^{-\lambda_3 t};$$

звідки видно, що при $t \rightarrow \infty$ і $\varphi \rightarrow \infty$.

Слід також звернути увагу на ту обставину, що $\lambda_2 = 0$. Це свідчить про те, що система знаходиться в стані нестійкої рівноваги і будь-яке зовнішнє обурення (початковий перекид, відмінність у діаметрах коліс і силах зчеплення) можуть призвести до перекосу в процесі руху.

Дійсно, при $\lambda_2 = 0$ розв'язання системи (17) слід шукати у формі

$$\varphi = A t l^{\lambda_2 t}; \quad \varphi_1 = B t l^{\lambda_2 t}; \quad \varphi_3 = C t l^{\lambda_2 t}, \quad (22)$$

тобто з часом кут перекосу φ зростає, якщо $A \neq 0$.

Висновок. Таким чином, дослідження системи (14) свідчить про те, що стійкий рух по вертикалі механізму фрикційного ліфту можливо досягти тільки за наявності упорів, що рознесені по вертикалі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Молчанов А.О., Казанчан А.К., Кузнецов Ю.М. Вибір раціональної структури механізму пересування безканатного ліфту // Науковий вісник ХДМІ. – 2009. – № 1(1). – С. 199-203.

Молчанов А.А., Казанчан А.К. ОТНОСИТЕЛЬНО ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ БЕСКАНАТНОГО ФРИКЦИОННОГО ЛИФТА

В статье рассматриваются условия, при которых возможно устойчивое движение по вертикали механизма бесканатного фрикционного лифта.

Ключевые слова: бесканатный фрикционный лифт, тяговый орган, движение по вертикали, стойкость.

Molchanov A.A., Kazanchan A.K. ON VERTICAL STABILITY OF FRICTION LIFT MOVEMENT

The article dwells on the condition under which stable vertical movement of friction lift is possible.

Key words: friction lift, hauling organ, vertical movement, stability.

КІНЕМАТИКА МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ БЕЗКАНАТНОЇ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНОЇ УСТАНОВКИ ФРИКЦІЙНОГО ТИПУ

*Молчанов А.О., Казанчан А.К.,
Херсонський державний морський інститут*

Визначено залежності лінійних переміщень характерних точок у горизонтальній і вертикальній площинах і кутових параметрів між елементами механізму переміщення підйомно-транспортної установки фрикційного типу у процесі вимушеної зміни компоновки елементів цього механізму.

Ключові слова: кінематика переміщення, геометричні параметри, вертикальні направляючі, тягові ролики, фрикційний тип.

Вступ. У роботах [1, 2] запропоновано альтернативне інженерне вирішення конструкції безканатного фрикційного ліфта і наведені дослідження щодо вертикальної стійкості його руху.

Зміна геометричної конфігурації механізму переміщення відбувається як при русі по вертикалі, так і в періоди переходу від вертикального (горизонтального) до горизонтального (вертикального) руху. У першому випадку це обумовлено можливим прогином або неточністю монтажу вертикальних направляючих, а також зносом тягових роликів і направляючих. У другому – викликано необхідністю виведення (введення) верхніх тягових роликів з вертикальних направляючих при переході до горизонтального руху.

Зміна геометричної конфігурації механізму переміщення спричиняє за собою зсув центру ваги вантажу, що транспортується, і цим викликає коливання системи, здатне істотно вплинути як на режим руху установки, так і на умови і характер навантаження направляючих.

Актуальність дослідження. У зв'язку з цим розгляд кінематики механізму переміщення представляє інтерес у якості завдання, що передуює розв'язанню питання динаміки руху установки. З іншого боку, розгляд кінематики дозволяє визначити основні співвідношення геометричних параметрів системи, що необхідні при компоновці її елементів.

Постановка задачі. За умови відсутності вертикального перекосу і симетричності системи встановимо взаємозв'язки переміщень характерних точок (рис. 1) для граничних умов, що визначаються доцільністю загальної компоновки механізму.

Викладення основного матеріалу. Нехай нам задані довжина ланки l і кут β розчину механізму (рис. 1), що складається з чотирьох ланок. При цьому прийнято, що

$$AD = DC = CH = HA = l; \quad AB = AE.$$

Необхідно визначити переміщення ν , δ , ρ , ε і кути β'_1 , β_1 .

З ΔABC виходить, що

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{AB}{BC}, \quad (1)$$

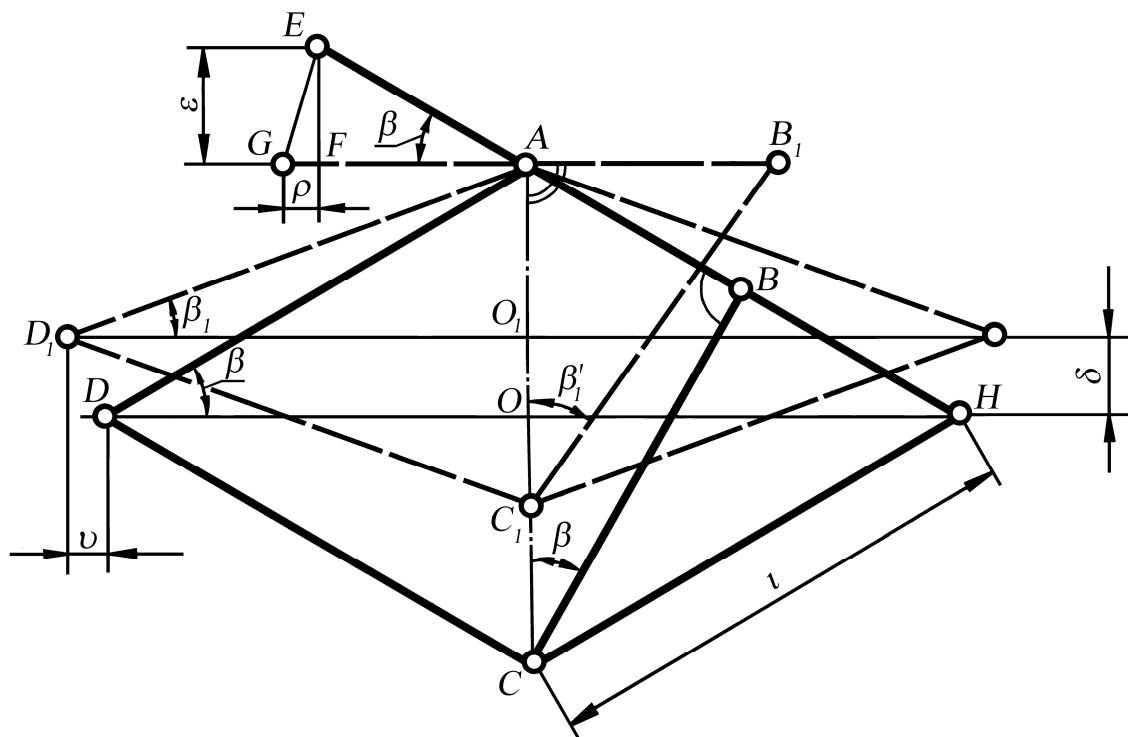


Рисунок 1 – Кінематика механізму переміщення

а з $\Delta A_1B_1C_1$ знаходимо

$$\sin \beta'_1 = \frac{AB_1}{B_1C_1}. \quad (2)$$

Суцільною лінією позначено положення механізму під час руху у вертикальній площині; штриховою – положення механізму під час руху по горизонталі або прогин вертикальних направляючих.

Але $AB = AB_1$ і $BC = B_1C_1$, отже, згідно з виразами (1) і (2) можна записати наступну рівність:

$$\sin \beta'_1 = \operatorname{tg}\beta. \quad (3)$$

Враховуючи, що $AC_1 = 2 AO_1$ і $BC_1 = BC$, з $\Delta A_1B_1C_1$ визначаємо:

$$AO_1 = \frac{BC \cdot \cos \beta_1'}{2}, \quad (4)$$

а з ΔAO_1D при співвідношенні $AD_1 = AD = l$ знаходимо

$$AO_1 = l \cdot \sin \beta_1. \quad (5)$$

Підставляючи до рівностей (4) и (5) вираз (3), отримаємо

$$\sin \beta_1 = \frac{BC \cdot \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \beta}}{2l}. \quad (6)$$

Оскільки $AC = 2 AO$, з ΔABC визначаємо:

$$BC = 2AO \cdot \cos \beta. \quad (7)$$

Але з ΔAOD витікає, що

$$AO = l \cdot \sin \beta, \quad (8)$$

тоді

$$BC = 2l \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta. \quad (9)$$

Підставляючи вираз (9) до формули (6), отримаємо:

$$\sin \beta_1 = \sin \beta \cdot \cos \beta \cdot \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \beta} \quad (10)$$

З рисунку 1 випливає, що

$$v = DO_1 - DO. \quad (11)$$

З ΔAOD визначаємо

$$DO = l \cdot \cos \beta, \quad (12)$$

а з ΔAO_1D_1 визначаємо

$$DO_1 = l \cdot \cos \beta_1. \quad (13)$$

З урахуванням формул (12) і (13) вираз (11) прийме вигляд:

$$v = l \cdot (\cos \beta_1 - \cos \beta), \quad (14)$$

а після підстановки виразу (10) і деяких перетворень отримаємо:

$$v = l \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \beta \cdot \sin^2 \beta \cdot (1 - \operatorname{tg}^2 \beta)} - \cos \beta. \quad (15)$$

Як видно з рисунку 1

$$\delta = AO - AO_1. \quad (16)$$

З урахуванням виразів (5), (10), (8) вираз (16) можна записати у вигляді:

$$\delta = l \cdot \sin \beta \cdot \left(1 - \cos \beta \cdot \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \beta}\right). \quad (17)$$

З ΔAEF випливає, що

$$\varepsilon = AB \cdot \sin \beta, \quad (18)$$

а з ΔABC :

$$AB = 2AO \cdot \sin \beta. \quad (19)$$

Підставляючи вирази (8) і (19) до формули (18), отримаємо:

$$\varepsilon = 2l \cdot \sin^3 \beta. \quad (20)$$

З рисунку 1 наочно видно, що

$$\rho = GF = GA - FA, \quad (21)$$

де $GA = AB$, а з урахуванням виразів (8) і (19) запишемо:

$$AB = 2l \cdot \sin^2 \beta, \quad (22)$$

а з ΔAEF визначаємо:

$$FA = \sqrt{EA^2 - EF^2}, \quad (23)$$

де $EF = \varepsilon$, що визначається з виразу (20), а $EA = AB$ – з виразу (21). З урахуванням формул (22) і (23) вираз (21) прийме вигляд:

$$\rho = 2l \cdot \sin^2 \beta \cdot (1 - \cos \beta). \quad (24)$$

Висновок. Вирази (3), (10), (16), (17), (20), (24) дозволяють визначити лінійні зміщення характерних точок (установки тягових роликів з'єднання вантажонесучого органу і механізму переміщення) в горизонтальній і вертикальній площинах, а також зміни кутових параметрів між елементами механізму переміщення при вимушеному умовами роботи або обумовленому принципом дії зміни геометричної компоновки елементів механізму переміщення даної універсальної підйомно-транспортної установки фрикційного типу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Молчанов А.О., Казанчан А.К., Кузнєцов Ю.М. Вибір раціональної структури механізму пересування безканатного ліфту // Науковий вісник ХДМІ. – 2009. – № 1(1). – С. 199-203.

2. Молчанов А.А., Казанчан А.К. Щодо вертикальної стійкості руху безканатного фрикційного ліфту // Науковий вісник ХДМІ. – 2010. – №2(3).

Молчанов А.А., Казанчан А.К. КИНЕМАТИКА МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ БЕСКАНАТНОЙ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЙ УСТАНОВКИ ФРИКЦИОННОГО ТИПА

Определены зависимости линейных смещений характерных точек в горизонтальной и вертикальной плоскостях и угловых параметров между элементами механизма перемещения подъемно-транспортной установки фрикционного типа в процессе вынужденного изменения компоновки элементов этого механизма.

Ключевые слова: кинематика перемещения, геометрические параметры, вертикальные направляющие, тяговые ролики, фрикционный тип.

Molchanov A.A., Kazanchan A.K. KINEMATICS OF THE DEVICE FOR MOVING LIFTING AND TRANSPORTATION UNIT OF FRICTION TYPE

Dependence of linear displacements of characteristic points in horizontal and vertical levels and angular parameters between the elements of device for moving lifting and – transportation unit of friction type in the process of forced change in arranging the elements of the device is defined.

Key words: kinematics of motion, geometrical parameters, vertical sending, hauling rollers, friction type.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ КОНСТАНТЫ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН*Настасенко В.А.,**Херсонский государственный морской институт*

На основе установленной связи параметров Планковских величин: длины l_p , времени t_p и массы m_p , полученных на базе фундаментальных физических констант – круговой постоянной Планка \hbar , гравитационной постоянной G и скорости света в вакууме c , впервые были получены естественные константы Планковской величины: сила света J_p и другие производные от них константы светотехнических величин.

Ключевые слова: фундаментальные физические константы, светотехнические величины, производные светотехнических величин, эталон силы света.

Введение, связь проблемы с основными научными направлениями.

Световое излучение используется во многих средствах автоматики, автоматизации и телемеханики. При этом углубление знаний в сфере светотехнических величин и единиц расширяет возможности для создания новых управляющих и измерительных приборов и устройств, а также новых условий для их использования в различных сферах техники.

Выполняемая работа относится к области светового излучения, в частности – к определению естественных величин констант (основной и производных) всех известных светотехнических величин и единиц измерения. В ее основу положены фундаментальные физические константы, в т.ч. – круговая постоянная Планка \hbar , гравитационная постоянная G , скорость света в вакууме c , что выводит исследования на уровень основ мироздания, в частности – квантовых основ волнового излучения. При этом, кроме возможности создания новых приборов и устройств, обеспечиваются возможности для создания естественных систем единиц измерения и существенно расширяются границы более полного понимания сущности и строения материального мира, что создает базу для принципиально новых подходов в светотехнике. Данные проблемы, в рамках общих принципов развития науки и техники, являются актуальными, решение которых представляет большой практический и теоретический интерес не только в сфере автоматики и телемеханики, но и для развития науки в целом, как общей системы познания материального мира. Поэтому их решение является главной целью выполняемой работы.

Анализ состояния проблемы и постановка задач работы. В настоящее время в Международной системе единиц измерения (СИ) применяют 6 основных единиц [1], в том числе 3 механические единицы измерений, это:

- 1) единица длины l , равная 1 метру (м);
- 2) единица массы m , равная 1 килограмму (кг);
- 3) единица времени t , равная 1 секунде (с);

и по 1-й единице – в других областях физики, это:

4) электротехническая единица – сила электрического тока I , равная 1 амперу (А);

5) теплотехническая единица – градус Кельвина $^{\circ}K$;

6) светотехническая единица – сила света J , равная 1 канделе (кд) – энергетической силе света от источника, испускающего в заданном направлении монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая величина которого составляет 1/683 Вт.

При этом выбор всех данных единиц имеет искусственный характер, связанный с Земными условиями. Например, 1 м изначально был принят равным 1/10000000 от $\frac{1}{4}$ длины Парижского меридиана, и эта исходная величина была повторена в эталоне, основанном на атомном принципе измерения [1]. С параметрами Земных суток первоначально была связана единица времени – 1 с, как 1/86400 часть от их величины, и эта исходная величина была повторена в эталоне, основанном на атомном принципе измерения [1]. Аналогичные Земные условия получения характерны для всех остальных единиц измерения и эталонов для их воспроизведения, что не отвечает фундаментальным параметрам Вселенной. Кроме того, 6-я основная единица измерения J , является не только искусственно введенной величиной (первоначально – через свет свечи определенных параметров), но и в новом эталоне, для повышения точности измерения, она обоснована на 2-х других величинах – частоте излучения и мощности, весьма условно связанных с природными показателями материального мира [1]. Это не только усложняет ее воспроизведение, но и снижает уровень ее фундаментальности по сравнению с другими основными единицами измерений.

Однако для механических, электрических и магнитных величин указанные выше недостатки устранены в работах [2, 3]. В первой из них [2], на базе 3-х фундаментальных физических констант (1)...(3) [1] и открытых М. Планком еще в 1901 году Планковских величин основных механических единиц измерения (6)...(8) [1], были впервые получены вторичные производные всех механических величин, как вторичные фундаментальные физические константы: силы, мощности, давления и др. Во второй их них [3], на базе добавления к 3-м фундаментальным физическим константам (1)...(3), еще 2-х констант – электрической и магнитной (4), (5) [1], были впервые получены Планковские величины основной (9) и производных электрических и магнитных единиц измерения, как вторичных фундаментальных физических констант: заряда, напряжения, индукции и др.

Основные фундаментальные физические константы:

$$- \text{круговая постоянная Планка } \hbar = 1,05457266 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \quad (1)$$

$$- \text{гравитационная постоянная } G = 6,67390 \cdot 10^{-11} \frac{\text{М}^2}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} \quad (2)$$

$$- \text{скорость света в вакууме } c = 0,299792458 \cdot 10^9 \frac{\text{М}}{\text{с}} \quad (3)$$

– электрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8,854187817 \cdot 10^{-12} \frac{A^2 \cdot c^2}{кг \cdot м^3}$ (4)

– магнитная постоянная $\mu_0 = \frac{1}{\varepsilon_0 c^2} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{A^2}$, (5)

Первичные производные фундаментальные физические константы Планковской величины для основных единиц измерения:

– Планковская длина $l_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 1,61621 \cdot 10^{-35} м$, (6)

– Планковское время $t_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} = 5,39109 \cdot 10^{-44} с$, (7)

– Планковская масса $m_p = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = 2,17650 \cdot 10^{-8} кг$, (8)

– Планковская сила тока $I_p = c^3 \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{G}} = \frac{c^2}{\sqrt{G\mu_0}} = 0,981497 \cdot 10^{25} А$. (9)

Однако для светотехнических единиц данная задача пока еще не решена. Данный недостаток является существенным, т.к. усложняет понимание предельных возможностей известных светотехнических величин, условия их технического воспроизведения и применения, в т.ч. – для создания новых эталонов, способов и средств измерения, систем управления, контроля и передачи данных в автоматике и телемеханике.

Например, определение величины Планковской длины (6) позволило дальше на ее базе определить минимально возможную величину материальных объектов и толщину слоев во Вселенной [4, 5], а на базе величины Планковского времени (7) – минимально возможную величину времени действия или максимально возможную частоту импульса излучения [6], что позволило определить предельные возможности для развития ряда технических систем, в частности – компьютеров [7-11].

Определение естественных констант для всех светотехнических единиц позволяет выявить предельные возможности связанных с ними систем. Их установление является главной задачей выполняемой работы, актуальность которой, по мере все более глубокого развития науки и техники и их проникновения в основы мироздания, постоянно растет.

Поиск путей реализации поставленной задачи. Ранее выполненные автором работы [12, 13] позволяют заключить, что среди всех систем измерений высший уровень обобщения имеют те, которые основаны на единых для всей Вселенной единицах, действующих на всех ее просторах, а не только в рамках Земли. К ним следует отнести фундаментальные физические константы, в частности, \hbar , G , c , ε_0 , μ_0 (1)...(5), и полученные на их базе производные фундаментальные физические константы, как Планковские величины основных единиц измерений: l_p , t_p , m_p , I_p (6)...(9). При

этом основные Планковские единицы измерений: l_p , t_p , m_p , I_p и все вытекающие из них вторичные производные механические, электрические и магнитные величины, в работах [2, 3] были получены в абсолютном виде, лишь через константы \hbar , G , c , ε_0 , μ_0 , что делает их адекватными в любой точке Вселенной. Кроме того, они качественно и количественно согласованы между собой, что является важным вкладом в понимание их физической сущности, в т.ч. их связей с основами материального мира, и в определение возможностей создания на их базе новых технических систем и естественных систем единиц измерения.

Следует учесть, что параметры l_p , t_p , m_p были определены М.Планком еще в 1901 году на базе найденной им такого же уровня величины энергии излучения $E_p = \sqrt{\frac{\hbar c^5}{G}} = 1,95613 \cdot 10^9 \text{ Дж}$ [1], но до настоящего времени они считаются абстрактными величинами, не имеющими реальных природных аналогов.

Однако их реальность и возможность практического применения впервые была обоснована в 2000 г. в работе [14], что позволяет использовать их в дальнейших научных исследованиях. На этой базе в работе [2] в 2005 г. впервые были определены, на таком же Планковском уровне мироздания, вторичные производные фундаментальные физические константы для всех существующих механических величин, а в 2006 г. в работе [3] были найдены Планковские величины основной электротехнической единицы – силы тока I_p и вторичных производных от нее электрических величин. Это дает основания полагать о возможности подобной связи и для светотехнических единиц измерения, что вытекает из открытой в работе [5] способности фундаментальных физических констант \hbar , G , c быть выраженными, в рамках своей размерности, через основные Планковские единицы l_p , t_p , m_p .

Таким образом, главным путем решения поставленной проблемы выбран переход от искусственно выбранных светотехнических величин к естественным, как вторичным фундаментальным физическим константам Планковского уровня и определение на их базе первичной и вторичных производных светотехнических констант.

Определение первичной и вторичных производных светотехнических констант естественного характера. В области светотехнических единиц измерений выбор исходных фундаментальных физических констант оказался затруднительным. Объясняется это тем, что в отличие от механических, электрических и магнитных единиц, где выбор исходных констант был однозначным (1)...(3), либо связанным друг с другом переходной зависимостью (5), для светотехнических величин прямой выбор исходных констант оказался невозможным, поскольку основная единица измерения – сила света J определяется через другие единицы – волновые, и лишь условно: это энергетическая сила света от источника, испускающего направленное монохроматическое излучение с частотой $\nu = 540 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$,

енергетическая величина которого составляет $\frac{1}{683} \text{ Вт}$. При этом энергетическая сила света определяется в телесном угле $1 \text{ ср} = \frac{1}{4\pi}$ площади поверхности шара, как величина $\frac{\text{Вт}}{\text{ср}}$ [1].

Пример, поясняющий эту условность: исходя из волнового закона Де Бройля реальная волновая мощность излучения W_ν в телесном угле $1 \text{ ср} = \frac{1}{4\pi}$ для частоты $\nu = 540 \cdot 10^{12}$ Гц составляет величину (10), которая значительно меньше искусственно принятой для эталона силы света условной величины мощности в $\frac{1}{683} \text{ Вт} = 1,464129 \cdot 10^{-3}$ (Вт):

$$W_\nu = \frac{\hbar \nu^2}{4\pi} \left(\frac{\text{Вт}}{\text{ср}} \right) = \frac{1,05457266 \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с}) \cdot (540 \cdot 10^{12} (\text{с}^{-1}))^2}{4\pi (\text{ср})} =$$

$$= 2,44711379 \cdot 10^{-6} \left(\frac{\text{Вт}}{\text{ср}} \right). \quad (10)$$

Искусственно установленные условности и ограничения существенно усложняют получение основной Планковской светотехнической константы J_p , а также нахождение через нее вторичных производных светотехнических величин.

Для устранения этого недостатка предложен новый связующий светотехнический коэффициент k_ν (11), который позволяет связать произвольно принятые светотехнические величины с реальной энергией излучения, а также позволяет найти силу света J (12) в телесном угле $1 \text{ ср} = \frac{1}{4\pi}$ через строгую величину – частоту ν излучения любого источника света, при этом коэффициенте силу света в 1 кд даст только частота $540 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$:

$$k_\nu = \frac{1}{W_\nu} = \frac{1(\text{кд})}{2,44711379 \cdot 10^{-6} \left(\frac{\text{Вт}}{\text{ср}} \right)} = 4,08644668 \cdot 10^5 \left(\frac{\text{кд} \cdot \text{ср}}{\text{Вт}} \right). \quad (11)$$

$$J = \frac{k_v \hbar v^2}{4\pi} = \frac{4,08644668 \cdot 10^5 \left(\frac{\kappa\delta \cdot \text{ср}}{\text{Вт}} \right) \cdot 1,054573 \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с}) \cdot (540 \cdot 10^{12} (\text{с}^{-1}))^2}{4\pi(\text{ср})} = 1(\kappa\delta). \quad (12)$$

Если считать W_v – энергией одного источника излучения, тогда физический смысл нового переходного коэффициента k_v можно определить, как минимальное количество таких источников на сферической поверхности телесного угла в 1 ср, при полном их превращении в энергию излучения в рамках зависимости $E = mc^2$. Кроме того, ввод k_v избавляет канделу в зависимости (12) от составной размерности $\text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^3$ из других единиц измерения, которой не имеют все остальные основные единицы измерения СИ: м, с, кг, А, что делает ее, наконец, равной с ними по общему уровню фундаментальности.

При этом возможно определение любых светотехнических величин Планковского уровня по их размерности, через основные Планковские величины l_p , t_p , m_p и выведенный в данной работе переходный коэффициент светового излучения $k_v = 4,08645 \cdot 10^5 \left(\frac{\kappa\delta \cdot \text{ср}}{\text{Вт}} \right)$. Таким образом, можно получить 6-ю основную единицу системы измерений (СИ) – силу света Планковского уровня J_p (13), как силу вспышки первой точки рождения Вселенной в телесном угле $1\text{ср} = \frac{1}{4\pi}$, которая условно больше ее мощности

W_{vp} на величину $k_v \left(\frac{\kappa\delta \cdot \text{ср}}{\text{Вт}} \right)$:

$$J_p = \frac{k_v \hbar v_p^2}{4\pi} = \frac{k_v \hbar \left(\frac{1}{t_p} \right)^2}{4\pi} = \frac{k_v \hbar}{4\pi(t_p)^2} = \frac{4,08645 \cdot 10^5 \left(\frac{\kappa\delta \cdot \text{ср}}{\text{Вт}} \right) \cdot 1,054573 \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с})}{4\pi(\text{ср}) \cdot (5,39109 \cdot 10^{-44} (\text{с}))^2} = 1,17994 \cdot 10^{57} (\kappa\delta). \quad (13)$$

Это максимально возможная сила света волнового излучения, поскольку у всех остальных точек Вселенной, за счет её расширения [15], мощность будет уменьшаться. С учетом выхода Планковской частоты ν_p за пределы частот светового диапазона, величину (13) нельзя строго считать силой света первой точки Вселенной, а более верно ее считать силой первичного волнового излучения Вселенной. Таким образом, выход к

уровню Планковских величин дает новые знания о её рождении, что подтверждает их значимость для развития науки и может быть отдельной темой для дальнейших исследований.

С учетом выражения Планковского времени t_p через исходные фундаментальные константы \hbar , G , c , получим Планковскую силу света J_p , выраженную в абсолютном виде:

$$J_p = \frac{k_v \hbar}{4\pi t_p^2} = \frac{k_v \hbar}{4\pi \left(\sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} \right)^2} = \frac{k_v c^5}{4\pi G} =$$

$$= \frac{4,08645 \cdot 10^5 \left(\frac{\kappa\delta \cdot \text{ср}}{\text{Вт}} \right) \cdot \left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right) \right)^5}{4\pi (\text{ср}) \cdot 6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{м}^3}{\kappa\delta \cdot \text{с}^2} \right)} = 1,17994 \cdot 10^{57} (\kappa\delta). \quad (14)$$

Выражение (14) сводится к классическому определению Планковской величины силы света J_p через мощность $W_{vp} = \frac{c^5}{G}$ [2] (п. 10 таблицы), что подтверждает верность предложенного варианта. Найденная новая зависимость для силы света $J_p = \frac{k_v c^5}{4\pi G}$ является Планковской производной фундаментальной физической константой от трех первичных фундаментальных физических констант \hbar , G , c и имеет такой же уровень значимости для науки, как и найденные ранее М. Планком величины E_p , l_p , t_p , m_p (6)...(8).

Подобным образом, по аналогии с полученными в работах [2, 3] производными (вторичными) физическими константами Планковского уровня для всех механических и электротехнических величин, через свою размерность могут быть определены остальные вторичные производные светотехнические величины Планковского уровня:

Люмен (1 лм) – единица светового потока, равная световому потоку, испускаемому точечным источником в телесном угле 1 ср при силе света 1 кд:

$$T_{vp} = (\text{лм}) = (\kappa\delta) = J_p = \frac{k_v c^5}{4\pi G} = 1,17994 \cdot 10^{57} (\kappa\delta). \quad (15)$$

Люкс (1 лк) – единица освещенности, равная освещенности поверхности площадью в м^2 при световом потоке падающего на нее излучения, равном 1 лм:

$$\begin{aligned}
 E_{vp} &= (лк) = \left(\frac{лм}{м^2}\right) = \left(\frac{к\partial}{м^2}\right) = \frac{\frac{k_v c^5}{4\pi G}}{\left(\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}\right)^2} = \frac{k_v c^8}{4\pi \hbar G^2} = \\
 &= \frac{4,08645 \cdot 10^5 \left(\frac{к\partial \cdot cр}{Вт}\right) \cdot \left(0,2997925 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с}\right)\right)^8}{4\pi(cр) \cdot 1,0545727 \cdot 10^{-34} (Дж \cdot с) \cdot \left(6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{м^3}{кг \cdot с^2}\right)\right)^2} = \\
 &= 4,51717 \cdot 10^{126} \left(\frac{к\partial}{м^2}\right)
 \end{aligned} \tag{16}$$

Мощность излучения W_{vp} , Вт:

$$\begin{aligned}
 W_{vp} &= (Вт) = \left(\frac{кг \cdot м^2}{с^3}\right) = \frac{\sqrt{\frac{\hbar c}{G}} \cdot \left(\sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}\right)^2}{\left(\sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}}\right)^3} = \frac{c^5}{G} = \\
 &= \frac{\left(0,2997925 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с}\right)\right)^5}{6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{м^3}{кг \cdot с^2}\right)} = 3,62847 \cdot 10^{52} (Вт)
 \end{aligned} \tag{17}$$

Энергетическая сила света (сила излучения) – мощность излучения в телесном угле в 1 стерадиан (Вт/ср):

$$\begin{aligned}
 \lambda_{vp} &= \left(\frac{Вт}{ср}\right) = \frac{c^5}{4\pi G} = \frac{\left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с}\right)\right)^5}{4\pi(cр) \cdot 6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{м^3}{кг \cdot с^2}\right)} = \\
 &= 2,88745 \cdot 10^{51} \left(\frac{Вт}{ср}\right).
 \end{aligned} \tag{18}$$

Поскольку, в рамках предложенного принципа (10)...(18), дальнейшее получение остальных производных (вторичных) констант Планковского уровня важнейших световых физических величин, является сугубо формальным процессом, доступным для повторения любым специалистом в данной области, поэтому далее в выполняемой работе приводятся лишь

конечные результаты из выведенных формул и вытекающие из них количественные значения, которые сведены в таблицу.

Связь найденной таким образом силы света J_p с фундаментальными физическими константами \hbar , G , c , и волновым излучением свидетельствует о единстве материального мира, которое наиболее полно проявляется на Планковском уровне.

Таблица – Основная и производные (вторичные) светотехнические единицы Планковского уровня

№ п/п	Наименование волновых и светотехнических величин	Единица измерения	Размерность	Формула	Численное значение
1	2	3	4	5	6
1	Новый светотехнический коэффициент Настасенко k_v	кд·ср/Вт	$\frac{\text{кд} \cdot \text{ср}}{\text{Вт}}$	$\frac{4\pi}{\hbar\nu^2}$	$\nu = 540 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$ $4.08645 \cdot 10^5$
2	Сила света, или сила волнового излучения J_p	кд	кд	$\frac{k_{vp} c^5}{4\pi G}$	$1,17994 \cdot 10^{57}$
3	Световой поток T_{vp}	лм	кд	$J_p = \frac{k_{vp} c^5}{4\pi G}$	$1,17994 \cdot 10^{57}$
4	Энергия светового потока α_p	лм·с	кд·с	$J_p t_p = \frac{k_{vp}}{4\pi} \sqrt{\frac{\hbar c^5}{G}}$	$6,36112 \cdot 10^{13}$
5	Яркость β_p	кд/м ²	$\frac{\text{кд}}{\text{м}^2}$	$\frac{J_p}{l_p^2} = \frac{k_{vp} c^8}{4\pi \hbar G^2}$	$4,51717 \cdot 10^{126}$
6	Светимость M_{vp}	лм/м ²	$\frac{\text{кд}}{\text{м}^2}$	$\frac{J_p}{l_p^2} = \frac{k_{vp} c^8}{4\pi \hbar G^2}$	$4,51717 \cdot 10^{126}$
7	Освещенность E_{vp}	лк	$\frac{\text{кд}}{\text{м}^2}$	$\frac{J_p}{l_p^2} = \frac{k_{vp} c^8}{4\pi \hbar G^2}$	$4,51717 \cdot 10^{126}$
8	Световая экспозиция H_{vp}	лк·с	$\frac{\text{кд} \cdot \text{с}}{\text{м}^2}$	$\frac{J_p t_p}{l_p^2} = \frac{k_{vp}}{4\pi} \sqrt{\frac{c^{11}}{\hbar G^3}}$	$2,43524 \cdot 10^{84}$
9	Энергия излучения Q_{vp}	Дж	$\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2}$	$\frac{m_p l_p^2}{t_p^2} = \sqrt{\frac{\hbar c^5}{G}}$	$1,95613 \cdot 10^9$
10	Энергия экспозиции (лучистая экспозиция) Нер	Дж/м ²	$\frac{\text{кг}}{\text{с}^2}$	$\frac{m_p}{t_p^2} = \sqrt{\frac{c^{11}}{\hbar G^3}}$	$7,48869 \cdot 10^{78}$
11	Поток излучения световой Φ_{vp} , Мощность излучения W_{vp}	Вт	$\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^3}$	$\frac{m_p l_p^2}{t_p^3} = \frac{c^5}{G}$	$3,62847 \cdot 10^{52}$

Продолжение таблицы

12	Поверхностная плотность потока излучения w_{vp} , Энергетическая светимость (излучательность) q_{vp} , Энергетическая освещенность (облучательность) ρ_{vp}	Вт/м ²	$\frac{\kappa Z}{c^3}$	$\frac{m_p}{t_p^3} = \frac{c^8}{\hbar G^2}$	$1,38909 \cdot 10^{122}$
13	Энергетическая сила света (сила излучения) λ_{vp}	Вт/(ср)	$\frac{\kappa Z \cdot M^2}{c^3}$	$\frac{m_p l_p^2}{t_p^3} = \frac{c^5}{4\pi G}$	$2,88745 \cdot 10^{51}$
14	Энергетическая яркость (лучистость) j_{vp}	Вт/(ср·м ²)	$\frac{\kappa Z}{c^3}$	$\frac{m_p}{t_p^3} = \frac{c^8}{4\pi \hbar G^2}$	$1,10540 \cdot 10^{121}$

Следует учесть, что зависимости (10)...(18) и таблицы выведены строгим путем, что в рамках реальности исходных фундаментальных физических констант \hbar , G , c строго доказывает реальность всех вторичных фундаментальных физических светотехнических констант Планковского уровня, приведенных в таблице. Их физический смысл сводится к соответствующим световым характеристикам первой точки Вселенной или сферических слоев Планковской толщины, которые послойно от первой её точки охватывают все её сферическое пространство [16]. Достижение полученных результатов для независимых друг от друга констант \hbar , G , c возможно лишь при реальной взаимосвязи найденных параметров с Планковскими величинами l_p , t_p , m_p , J_p , поскольку при ее отсутствии искусственным путем согласовать все параметры таблицы практически невозможно.

Анализ полученных результатов. Главными особенностями всех Планковских величин, в том числе – светотехнических, является то, что:

1) их получение не относится к произвольно выбранным природным параметрам с произвольными численными значениями, как это было сделано со всеми основными единицами измерения СИ, а вытекает из строгих зависимостей, составленных на базе трех фундаментальных физических констант: \hbar , G , c , единых для всего пространства Вселенной;

2) все светотехнические величины являются реальными, связанными с параметрами Вселенной – ее первой точкой и последующими за нею сферическими слоями Планковской толщины, что строго доказывается реальностью всех составляющих их фундаментальных физических констант \hbar , G , c ;

3) полученные основная и вторичные производные единицы Планковского уровня (световой поток, яркость, светимость и др.) дополнительно характеризуют свои параметры Планковских сферических слоев Вселенной и являются для нее максимально возможными величинами в одном кванте вторичных фундаментальных физических величин;

4) до тех пор, пока не будут найдены другие исходные физические константы, подобного константам \hbar , G , c уровня фундаментальности, а из них не будут строго получены новые физические зависимости, дающие иные показатели, чем приведенные в таблице этой работы, применение первичной и вторичных Планковских светотехнических констант допустимо в любых исследованиях и в описании любых соответствующих их физическому смыслу законов, закономерностей, явлений и эффектов материального мира.

Указанные факторы подтверждают особое место всех основных и производных Планковских светотехнических величин в общей системе мироздания.

Приведенные в зависимостях таблицы результаты подтверждают принципиальную возможность сведения всех известных светотехнических величин к Планковского уровня первичной и вторичным фундаментальным физическим константам, производным всего лишь от трех исходных фундаментальных физических констант \hbar , G , c .

Представление вторичных производных светотехнических констант Планковского уровня позволяет найти ряд особенностей в строении материального мира, в первую очередь – строгую количественную связь их между собой. Эта связь также явно выражена между световыми (кд) и энергетическими (Дж, Вт) величинами, что является важным достоинством нового представления светотехнических величин. Она также позволяет уточнить их физический смысл и признать их реальными, в рамках реальности первичных фундаментальных физических констант \hbar , G , c , по аналогии с ранее найденными в работах [2, 3] вторичными производными механическими и электротехническими константами.

На основе этого возможно создание новых светотехнических приборов, в т.ч. – эталона силы света.

Основные выводы и сделанные открытия. Научным открытием принято считать установление ранее неизвестных объективно существующих законов, закономерностей, явлений и эффектов материального мира, оказывающих существенное влияние на развитие науки [17].

В данной работе впервые установлена строгая функциональная и количественная (на примере платины при ее затвердевании) связь между 6-й основной единицей измерения – светотехнической, которой принята сила света $J = 1$ кд в телесном угле $1\text{sr} = \frac{1}{4\pi}$, и волновыми характеристиками излучения: энергией W и частотой $\nu = 540 \cdot 10^{12} \text{ c}^{-1}$, в виде связующего светотехнического коэффициента k_ν , определяемого по зависимости (19).

$$k_\nu = \frac{J}{W} = \frac{J}{\hbar\nu^2} = \frac{4\pi J}{\hbar\nu^2} = \frac{4\pi(\text{ср}) \cdot 1(\text{кд})}{1,05457266 \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с}) \cdot (540 \cdot 10^{12} (\text{с}^{-1}))^2} =$$

$$= 4,08645 \cdot 10^5 \left(\frac{\text{ср} \cdot \text{кд}}{\text{Вт}} \right). \quad (19)$$

При этом возможна замена эталона силы света, основанного на визуальной оценке светового излучения абсолютно черного тела при температуре застывания платины в секторе 1 ср на прибор, имеющий источник излучения с частотой $\nu = 540 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$, или другими частотами ν_i , при соответствующей коррекции переходного коэффициента k_ν на текущий k_{ν_i} по зависимости (20).

$$k_{\nu_i} = k_\nu \left(\frac{\nu}{\nu_i} \right)^2 \left(\frac{c\rho \cdot \kappa \delta}{Bm} \right). \quad (20)$$

Учитывая, что для эталона длины и времени уже используется волновой источник излучения, на его базе возможно создание волнового эталона силы света, что позволит повысить его точность от ныне достижимой $4 \cdot 10^2$, до величины, соизмеримой с точностью современных эталонов длины 10^9 , что является существенным качественным скачком в данной сфере техники.

На базе открытой ранее [6] возможности получения фундаментальных физических констант: \hbar , G , c через основные физические единицы измерения Планковского уровня: l_p , t_p , m_p , которая вытекает из собственной размерности данных констант, впервые найдена строгая физическая закономерность для определения 6-й основной (светотехнической) единицы измерения – силы света Планковского уровня J_p (13).

Значение для науки данной максимально возможной в одном кванте величины силы света $J_p = 2,88745 \cdot 10^{51}$ (кд) адекватно открытому в работе [3] значению максимально возможной в одном кванте силы электрического тока $I_p = 3,479316198 \cdot 10^{25}$ (А).

На базе связи основных физических единиц измерения Планковского уровня: l_p , t_p , m_p с фундаментальными физическими константами \hbar , G , c , впервые найдена строгая физическая закономерность для определения 6-й основной (светотехнической) единицы измерения – силы света J_p на Планковском уровне через фундаментальные физические константы \hbar , G , c (14).

Значение для науки найденной физической величины J_p – силы света Планковского уровня адекватно открытым Планком в 1901 г. величинам длины l_p , времени t_p и массы m_p .

На основе открытой ранее [2] возможности получения вторичных производных физических констант для механических единиц измерения, вытекающей из основных физических единиц измерения Планковского уровня: l_p , t_p , m_p , и собственной размерности данных производных констант, впервые найдены строгие физические закономерности для определения всех вторичных производных фундаментальных светотехнических констант Планковского уровня, представленных в таблице. Их получение на базе одних лишь 3-х фундаментальных физических констант \hbar , G , c , делает их адекватными и применимыми на всех просторах Вселенной.

Найденные закономерности (10)...(20) и п.п. 1...8, 10...14 таблицы, получены впервые, являются физически и математически строгими, объективно существующими, оказывают существенное влияние на развитие науки, поскольку затрагивают основы мироздания, что полностью отвечает совокупности всех признаков, характеризующих их, как научные открытия, общее количество которых 15.

Проведенные исследования позволяют разделить фундаментальные физические константы на 2 основных вида: первичные \hbar , G , c , получаемые экспериментальным путем и производные, получаемые комбинацией из первичных констант. При этом на базе одних лишь первичных фундаментальных констант: \hbar , G , c возможно получение всех вторичных производных Планковских физических констант для всех светотехнических величин, что дает возможность создания единой системы единиц измерений. Они адекватны по уровню значимости вторичным Планковским параметрам для механических и электротехнических единиц измерения [2, 3], что подтверждает высокий уровень выполняемой работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Политехнический словарь / [под ред. кол., А.Ю. Ишлинский (гл. ред.) и др.] – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Сов. энциклопедия, 1989. – 638 с.
2. Настасенко В.А. Определение естественных констант для производных механических единиц измерения: сб. трудов XII Междунар. научно-технической конферен. [«Машиностроение и техносфера XXI века»], (г. Севастополь). – Т. 2. – Донецк: ДонГТУ, 2005. – С. 299-305.
3. Настасенко В.А. Определение естественных констант для производных электрических и магнитных единиц измерения: сб. трудов XIII Междунар. научно-техн. конф. [«Машиностроение и техносфера XXI века»], (г. Севастополь). – Т. 3. – Донецк: ДонГТУ, 2006. – С. 85-92.
4. Настасенко В.А. Анализ предельно-возможных слоистых структур: матеріали ювілейної Х Міжнародної конференції [«Фізика і технологія тонких плівок»]: у 2-х т. – Т. 2. – Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т, «Гостинець», 2005. – С. 35-36.
5. Настасенко В.О. Аналіз гранично можливих шаруватих структур // Фізика і хімія твердого тіла. – Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т, 2006. – Т. 7, № 4. – С. 793-797.
6. Настасенко В.А. Открытие предельно возможных величин волновых параметров : сб. тезисов докладов 10-й юбилейной Международной конференции [«Теория и техника передачи, приема и обработки информации»]. – Ч. 1. – Харьков: ХНУРЭ, 2004. – С. 30-31.
7. Настасенко В.А., Настасенко Е.В. Быстродействие и память персональных компьютеров, предельные возможности : сб. трудов VIII междунар. науч.-техн. конф. [«Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века»], (г. Севастополь). – Т. 2. – Донецк: ДонГТУ, 2001. – С. 47-54.
8. Настасенко В.А., Настасенко Е.В. Оценка предельных возможностей быстродействия и памяти персональных компьютеров // Вестник

Херсонського державного техніч. ун-та. – Херсон: ХГТУ. – 2001. – Вип. 13. – С. 161-165.

9. Настасенко В.А., Настасенко Е.В. Открытие физических основ предельного быстродействия и памяти компьютеров // Математические модели в образовании, науке и промышленности: сб. науч. трудов. – СПб.: Санкт-Петербургское отд. МАН ВШ, 2003. – С. 153-158.

10. Настасенко В.О., Настасенко О.В. Аналіз максимально можливої швидкодії та пам'яті комп'ютерів // Фізика і хімія твердого тіла. – Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т, 2006. – Т. 7, №2. – С. 381-385.

11. Настасенко В.А., Настасенко Е.В. Основы концепции определения предельного быстродействия компьютерных систем искусственного интеллекта // Искусственный интеллект. – Донецк: ИПИИ МОН и НАН Украины, 2008. – №4. – С. 25-30.

12. Настасенко В.А. О системе измерений на основе Планковских единиц : сб. трудов IX Междунар. науч.-техн. конф. [«Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века»], (г. Севастополь). – Т. 2. – Донецк: ДонГТУ, 2002. – С. 170-174.

13. Настасенко В.А. Открытие возможности объединения механических и электрических единиц измерения : сб. трудов XI Междунар. науч.-техн. конф. [«Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века»], (г. Севастополь). – Т. 2. – Донецк: ДонГТУ, 2004. – С. 261-266.

14. Настасенко В.А. Эталон массы в элементах квантовой физики : сб. трудов VII Междунар. науч.-техн. конф. [«Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века»], (г. Севастополь). – Т. 1. – Донецк: ДонГТУ, 2000. – С. 95-100.

15. Силк Дж. Большой взрыв / под ред. И.Д. Новикова; пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 391 с.

16. Настасенко В.О. Нова модель Всесвіту: тези доповідей Всеукраїнського з'їзду [«Фізика в Україні»]. – Одеса: ОНУ, Астропринт, 2005. – 77 с.

17. Гражданский кодекс Украины. Книга 4. Интеллектуальная собственность. – К.: Школа, 2004. – С. 57-84.

Настасенко В.О. ПРИРОДНІ КОНСТАНТИ СВІЛОТЕХНІЧНИХ ВЕЛИЧИН

На основі встановленого зв'язку параметрів Планківських величин: довжини l_p , часу t_p і маси m_p , отриманих на базі фундаментальних фізичних констант – кругової постійної Планка \hbar , гравітаційної постійної G та швидкості світла у вакуумі c , вперше були отримані природні константи Планківської величини: сила світла J_p та інші похідні від них константи світлотехнічних величин.

Ключові слова: фундаментальні фізичні константи, світлотехнічні величини, похідні світлотехнічних величин, еталон сили світла.

Nastasenko V.A. NATURAL CONSTANTS OF LIGHT-TECHNICAL PARAMETERS

On the basis of established relationship of parameters of Planck's values: of length l_p , time t_p and mass m_p obtained on the basis of the fundamental physical constants: Planck's circular constant \hbar , gravitational constant G and light speed in vacuum c , for the first time, natural constants of Planck's value were received: candle-power J_p and other constants of light-technical values, derived from them.

Key words: fundamental physical constants, light-technical values, derived from light-technical values, standard of candle-power.

ПРО СТРУКТУРУ МЕХАНІЗМУ КОЛОДКОВОГО ГАЛЬМА І ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО НАДІЙНОСТІ

*Самойленко Л.К., Проценко В.О.,
Херсонський національний технічний університет,
Херсонський державний морський інститут*

Виконано аналіз структури механізму колодкового гальма з гідроштовхачем та виявлено в ньому зайві зв'язки. Запропоноване колодкове гальмо, в якому за рахунок конструктивного виконання знижена чутливість до точності виготовлення та монтажу, підвищена рівномірність розподілу зусиль між колодками і надійність роботи за рахунок ліквідації зайвих зв'язків.

Ключові слова: гальмо, гідроштовхач, надійність, зайві зв'язки.

Вступ. Значний ріст перевантажувальних робіт у портах, необхідність прискорення обробки флоту, та інших видів транспорту, визначають інтенсивне використання існуючого парку підйомно-транспортних машин (ПТМ) та поповнення його новими високопродуктивними машинами. Нові ПТМ проектується для роботи з високими швидкостями для скорочення робочого циклу. У цих умовах особливого значення набуває забезпечення надійної роботи суднових і портових ПТМ, їх специфікованих виробів та деталей.

Аналіз стану проблеми. Постановка задачі. Продуктивність ПТМ залежить також від тривалості періодів пуску і гальмування, а їх надійність та безпечність – від надійності гальмівних пристроїв.

Найбільш поширеними в ПТМ є різноманітні конструкції колодкових гальм, що складаються з важелів та двох колодок, діаметрально розташованих відносно гальмівного шківів, які розрізняються, в основному, схемою важільної системи. Серед колодкових гальм розповсюджені конструкції з приводом від гідроштовхача, що пояснюється їх перевагами в порівнянні з електромагнітами [1].

Наприклад, відоме колодкове гальмо, що складається із корпусу, правого та лівого гальмівних важелів, з можливістю повороту закріплених у корпусі. На важелях шарнірно закріплені колодки з фрикційними накладками, якими охоплений гальмівний шків. В отвори гальмівних важелів з можливістю повороту встановлені осі лівого та правого гальмівних важелів. На осі правого гальмівного важеля з можливістю повороту встановлений верхній важіль, в отвір якого встановлена з можливістю повороту вісь верхнього важеля, яка шарнірно сполучена з віссю лівого гальмівного важеля за рахунок штока. Шток пропущений у поперечні отвори осей верхнього та лівого гальмівного важелів з можливістю його обертання навколо власної осі. Верхній важіль сполучений з корпусом за рахунок гідроштовхача та тяги з пружиною, шарнірно закріплених на верхньому важелі та корпусі з можливістю повороту [2].

Недоліком даного колодкового гальма є висока чутливість до точності виготовлення та монтажу, нерівномірний розподіл зусиль між колодками і низька надійність роботи, що обумовлені наявністю зайвих зв'язків.

Задачею даної роботи є аналіз структури механізму описаного колодкового гальма, виявлення у ньому зайвих зв'язків та створення колодкового гальма, в якому за рахунок конструктивного виконання можливо було б знизити чутливість до точності виготовлення та монтажу, підвищити рівномірність розподілу зусиль між колодками і надійність роботи за рахунок зменшення кількості зайвих зв'язків.

Розв'язання поставленої задачі. Структурна схема механізму описаного гальма показана на рисунку 1. На ньому кількість рухомих ланок $n = 12$, кількість кінематичних пар п'ятого класу $P_5 = 13$, кількість кінематичних пар четвертого класу $P_4 = 2$, загальна кількість кінематичних пар $P = P_5 + P_4 = 13 + 2 = 15$.

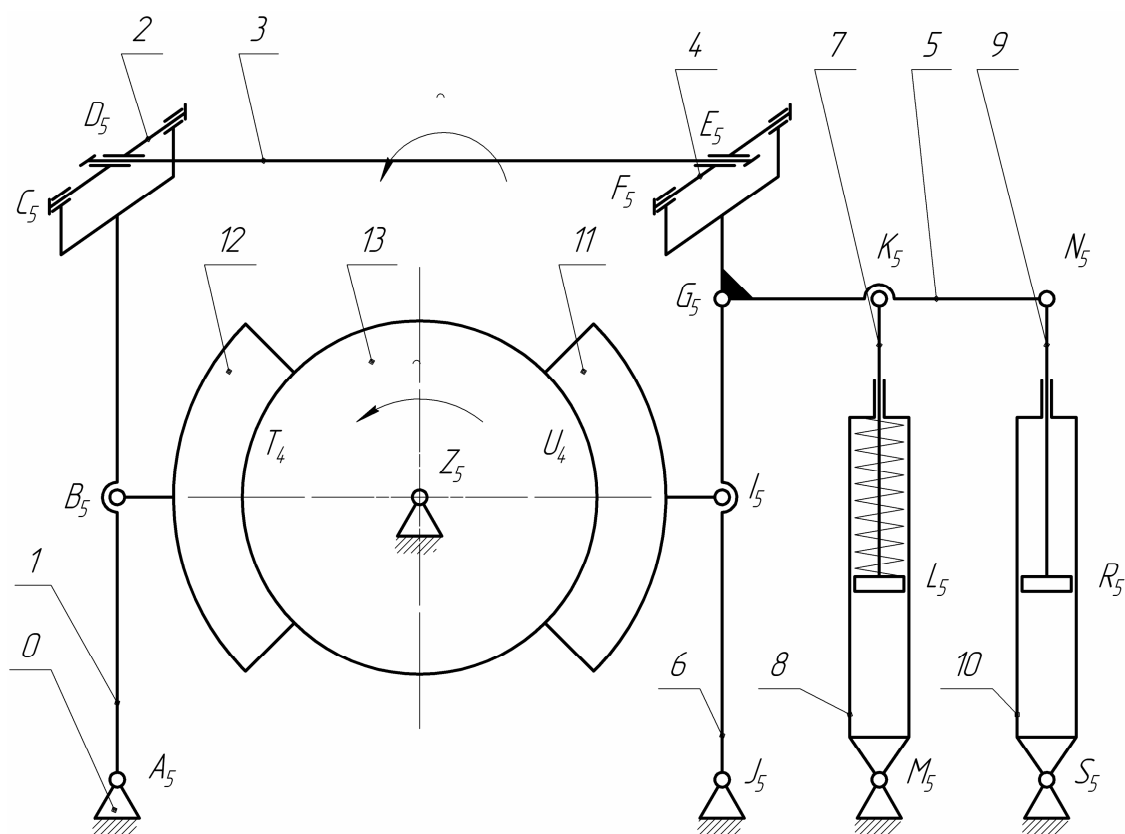


Рисунок 1 – Структурна схема механізму досліджуваного колодкового гальма

Число незалежних замкнених контурів [3]:

$$k = D - n = 15 - 12 = 3 \quad (1)$$

Ступінь рухомості W механізму визначимо за формулою Войня і Атанасіу [4]:

$$W = N - \sum r_i, \quad (2)$$

де N – загальна кількість однорухомих обертальних кінематичних пар;
 r_i – ранг незалежного контура.

Незалежний контур $ABCDEFGLJA$. Ранг його осей $r_1 = 4$.

Осі незалежних контурів $JIGKLMJ$ та $JIGKNRSJ$ мають ранг $r_2 = r_3 = 3$.

Тоді,

$$W = 15 - 4 - 3 - 3 = 5.$$

З них – рухомості ланок 11 і 12 $W_n = 2$, основна рухомість механізму $W_o = 2$, місцева рухомість рухомої ланки 3 (обертання) $W_m = 1$.

$$W = W_o + W_m + W_i = 5. \quad (3)$$

Коли гальмо спрацює, колодки 11, 12 будуть притиснені до шківів 13 і з'являться дві кінематичні пари четвертого класу T_4, U_4 та одна кінематична пара п'ятого класу Z_5 , рухома ланка 13, ланки 11 і 12 втратять незалежні рухи ($W_n = 0, W_o = 0$).

Будова механізму представлена його структурним графом [5] (рис. 2). Вершини відповідають структурним групам, а ребра – з'єднанням цих груп. Всередині вершин вказано число ланок і входів груп.

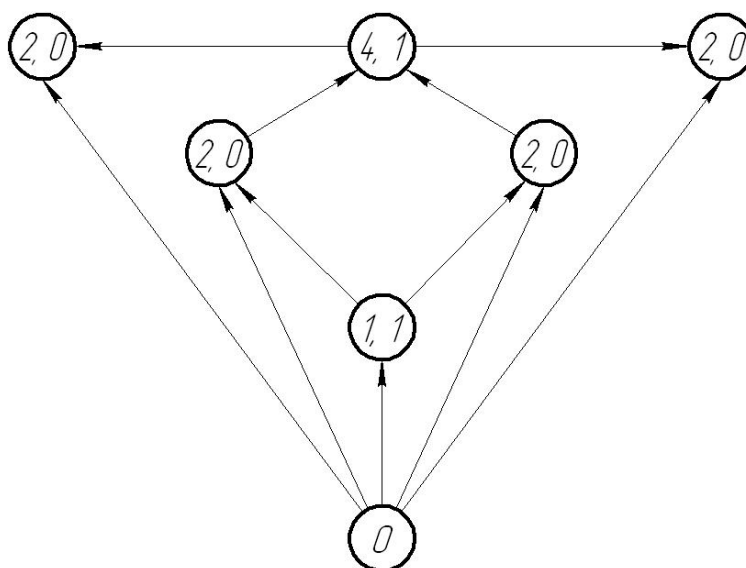


Рисунок 2 – Структурний граф механізму

Ланок стало $n = 13$, кінематичних пар $P_5 = 14, P_4 = 4, P = 18, W_m = 2$.

Число незалежних контурів:

$$k = D - n = 18 - 13 = 5.$$

Число зайвих зв'язків за формулою Малишева [5, 6]:

$$\begin{aligned} q_M &= W - 6n + 5P_5 + 4P_4 + 3P_3 + 2P_2 + P_1 = \\ &= 2 - 6 \times 13 + 5 \times 14 + 4 \times 4 = 10 \end{aligned} \quad (4)$$

За формулою Озола:

$$q_o = W + 6k - f_1 = 2 + 6 \times 5 - 1 \times 14 - 2 \times 4 = 10 \quad (5)$$

Кількість зайвих зв'язків у контурі:

$$q_{\dot{e}} = W_{\dot{e}} + 6 - f_{\dot{e}}, \quad (6)$$

де W_k – рухомість контура;

f_k – сума рухомостей кінематичних пар контура.

Визначаємо кількість зайвих зв'язків у кожному контурі.

$$ABTZA: q_{k1} = 1 + 6 - 5 = 2;$$

$$JIUZJ: q_{k2} = 1 + 6 - 5 = 2;$$

$$CDEFGC: q_{k3} = 1 + 6 - 5 = 2;$$

$$JGKLMJ: q_{k4} = 0 + 6 - 4 = 2;$$

$$JGNSJ: q_{k5} = 0 + 6 - 4 = 2.$$

У п'яти контурах:

$$q = \sum_{i=1}^5 q_{ki} = 2 + 2 + 2 + 2 + 2 = 10. \quad (7)$$

Результати формул (4), (5) і (7) співпали – розрахунки виконані вірно.

Зменшення кількості зайвих зв'язків досягається за рахунок виконання колодкового гальма з корпусу 1 (рис. 3), правого 2 та лівого 3 гальмівних важелів, на яких шарнірно закріплені колодки 4 і 5. Колодками 4 і 5 охоплені гальмівний шків 6.

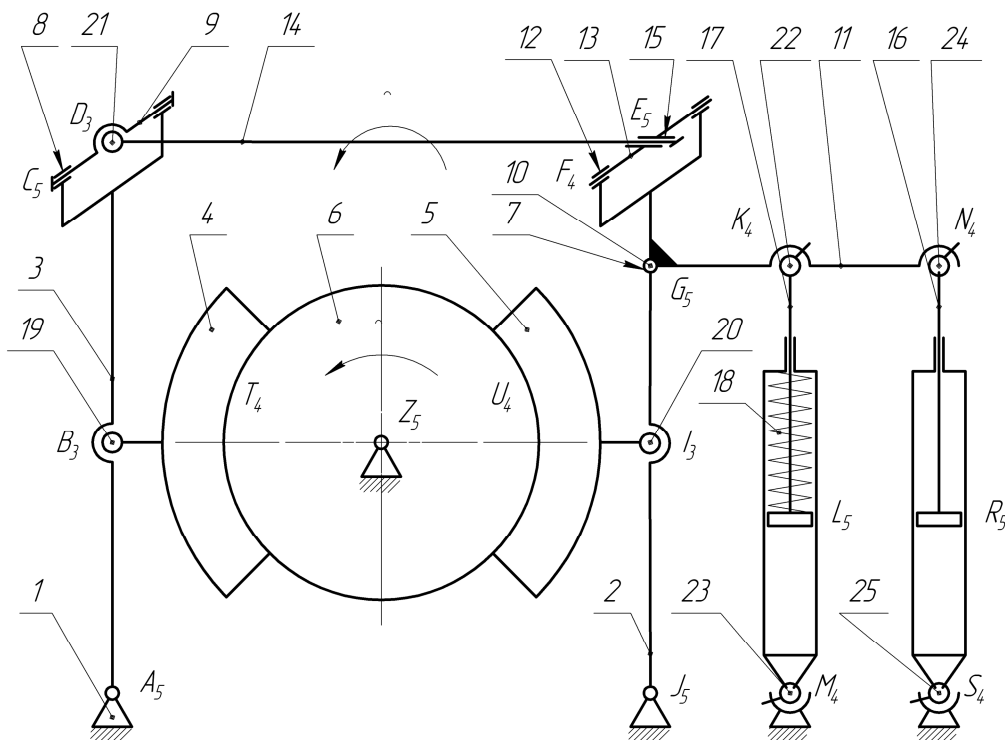


Рисунок 3 – Структурна схема механізму колодкового гальма без зайвих зв'язків

В отвори 7 і 8 гальмівних важелів 2 і 3 з можливістю повороту встановлені осі 9 і 10 лівого та правого гальмівних важелів. На осі 10 правого гальмівного важеля 2 з можливістю повороту встановлений верхній важіль 11, в отвір 12 якого встановлена з можливістю повороту вісь 13 верхнього важеля, яка шарнірно сполучена з віссю 9 лівого гальмівного важеля за рахунок штока 14. Шток 14 введений в отвір 15 осі 13, а верхній важіль 11 сполучений з корпусом 1 за рахунок гідроштовхача 16 та тяги 17 з пружиною 18, шарнірно закріплених на верхньому важелі 11 та корпусі 1. Колодки 4 і 5 з гальмівними важелями 2 і 3, та шток 14 з віссю 9 лівого гальмівного важеля сполучені за рахунок трирухомих сферичних шарнірів 19, 20 і 21, вісь 13 верхнього важеля виконана з можливістю осьових переміщень. Гідроштовхач 16 та тяга 17 з пружиною сполучені з верхнім важелем 11 та корпусом 1 за рахунок дворухомих сферичних з пальцями шарнірів 22, 23, 24, 25.

При цьому додавання в незалежні контури $JIUZJ$, $CDEFGC$, $JGKLMJ$, $JGNSJ$ по дві рухомості кінематичних пар, а в контур $ABTZA$ три (одна іде на збільшення місцевої рухомості ланки 2), ліквідує зайві зв'язки. Це досягається за рахунок виконання кінематичних пар B , I , D трирухомими сферичними третього класу, пари F дворухомою циліндричною четвертого класу, пар K , M , N , S дворухомими сферичними з пальцем четвертого класу.

Тоді, число зайвих зв'язків за формулою Малишева:

$$q_M = 3 - 6 \times 13 + 5 \times 6 + 4 \times 9 + 3 \times 3 = 0.$$

За формулою Озола:

$$q_O = 3 + 6 \times 5 - 1 \times 6 - 2 \times 9 - 3 \times 3 = 0.$$

Що підтверджує раціональність запропонованого колодкового гальма і можливість його самоустановки.

Висновки. За рахунок виконаних теоретичних досліджень встановлено, що відома конструкція колодкового гальма характеризується наявністю значної кількості зайвих зв'язків, що вимагає виконання кінематичних пар із завищеними зазорами і унеможлиблює самоустановку механізму. На основі аналізу структури механізму запропоновано заходи, що дозволяють ліквідувати зайві зв'язки та підвищити надійність гальма. За результатами роботи оформлено заявку на винахід [7].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Александров М.П. Грузоподъемные машины. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 552 с.
2. Камышев А.Г. Мостовые электрические краны. – М.: Metallurgia, 1972. – 320 с.
3. Решетов Л.Н. Самоустанавливающиеся механизмы. – М.: Машиностроение, 1991. – 288 с.

4. Прикладная механика / Г.Б. Иосилевич, П.А. Лебедев, В.С. Стреляев. – М.: Машиностроение, 1985. – 576 с.
5. Теория механизмов и машин / М.З. Коловский, А.Н. Евграфов, Ю.А. Семенов, А.В. Слоущ. – М.: Академия, 2008. – 560 с.
6. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин. – К.: Наукова думка, 2002. – 656 с.
7. Заявка на патент України, В 66 D 5/20 // F16D 49/16. Колодкове гальмо / Проценко В.О., Самойленко Л.К. – № а 201010989; заявл. 13.09.2010.

Самойленко Л.К., Проценко В.А. О СТРУКТУРЕ МЕХАНИЗМА КОЛОДОЧНОГО ТОРМОЗА И ПОВЫШЕНИИ ЕГО НАДЕЖНОСТИ

Выполнен анализ структуры механизма колодочного тормоза с гидротолкателем и выявлены в нем избыточные связи. Предложен колодочный тормоз, в котором за счет конструктивного исполнения снижена чувствительность к точности изготовления и монтажа, повышена равномерность распределения между колодками и надежность работы за счет ликвидации избыточных связей.

Ключевые слова: тормоз, гидротолкатель, надежность, избыточные связи.

Samojlenko L.K., Protsenko V.O. ABOUT STRUCTURE OF MECHANISM OF PAD BRAKE AND RAISE ITS RELIABILITY

The analysis of structure of the mechanism pad brake with hydropusher is made and superfluous communications are revealed in it. It is offered pad a brake in which at the expense of a design sensitivity to accuracy of manufacturing and installation is lowered, uniformity of distribution between pads and reliability of work at the expense of liquidation of superfluous communications is raised.

Keywords: brake, a hydropusher, reliability, superfluous communications.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 519.879

ПУАСОНІВСЬКІ ПРИХОВАНІ МАРКОВСЬКІ МОДЕЛІ

*Баклан І.В., Степанкова Г.А.,
Національна академія управління, м. Київ*

У статті досліджено властивості Пуасонівських прихованих марковських моделей (ППММ) та показано практичну можливість їх використання для прогнозування часових рядів, які мають марковські властивості.

Ключові слова: Пуасонівські приховані марковські моделі, марковські процеси, прогнозування часових рядів, функція (оцінка) правдоподібності, ймовірність.

Вступ. Приховані марковські моделі (ПММ) широко використовуються не тільки для таких класичних галузей, як розпізнавання образів, розпізнавання генетичних ланцюжків ДНК та інших. Нами розроблена модель використання ПММ для аналізу та прогнозування фінансово-економічних часових рядів [1, 2].

Постановка задачі. Пуасонівські приховані марковські моделі (ППММ) є різновидом ПММ. ППММ є дискретними часовими стохастичними процесами $\{(X_t, Y_t)\}_{t \in N}$, такими що $\{X_t\}_{t \in N}$ є недосліджуваною нескінченною множиною марковських ланцюжків та $\{Y_t\}_{t \in N}$ є досліджуваною послідовністю випадкових змінних, залежних від $\{X_t\}_{t \in N}$. Це змодельоване припущення про те, що умовний розподіл кожного досліджуваного Y_t задається послідовністю $\{X_t\}_{t \in N}$ і залежить виключно від одночасно недосліджуваних X_t . Більш того, задані $\{X_t\}_{t \in N}$ та $\{Y_t\}_{t \in N}$ є послідовностями умовно незалежних спадкових величин. Якщо ми припустимо, що для кожного t , Y_t , який задає множину X_t , є пуасонівською випадковою величиною, то будемо мати так звані ППММ. У цьому випадку X_t визначає пуасонівський параметр, який використовується для генерації Y_t .

Нехай існують деякі зауваження та припущення. Припустимо недосліджуваний процес $\{X_t\}_{t \in N}$ є дискретним, однорідним, апериодичним і нескорочуваним марковським ланцюжком на скінченному просторі станів $S_X = \{1, 2, \dots, m\}$ [3, 4]. Ми позначимо через $\lambda_{i,j}$ перехідну ймовірність від стану i на момент $t-1$ в стан j на момент t (для будь-яких станів i, j на будь-який момент t). Тобто $\lambda_{i,j} = P(X_t = j | X_{t-1} = i) = P(X_2 = j | X_1 = i)$.

Нехай $\Omega = \{\lambda_{i,j}\}$ буде $(m \times m)$ транзитивною матрицею ймовірностей з сумою всіх $\sum_{j \in S_X} \lambda_{i,j} = 1$ для будь-яких $i \in S_X$. Граничний розподіл X_1 є початковим розподілом і позначається $\delta = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_m)'$, де $\delta_i = P(X_1 = i)$ для

будь-яких $i = 1, 2, \dots, m$ та $\sum_{i \in S_X} \delta_i = 1$. Як безпосередня послідовність припущень на марковському ланцюжку $\{X_t\}_{t \in N}$ δ є стаціонарним розподілом та дорівнює $\delta' = \delta \Omega$. Тобто δ є лівим власним вектором матриці Ω , пов'язаний з власним значенням 1, яке завжди існує, оскільки Ω є стохастичною матрицею [4].

Тепер розглянемо досліджувану послідовність $\{Y_t\}_{t \in N}$. У ППММ кожна досліджувана величина Y_t , обумовлена на X_t , є пуасонівською для будь-якого t . Якщо X_t знаходиться в стані i ($i \in S_X; t \in N$), тоді умовний розподіл Y_t є пуасонівською випадковою величиною з параметром γ_i для кожного $y \in N$. Залежні від стану ймовірності задаються

$$\pi_{y,i} = P(Y_t = y | X_t = i) = e^{-\gamma_i} \frac{\gamma_i^y}{y!}$$

При цьому $\sum_{y \in N} \pi_{y,i} = 1$ для кожного $i \in S_X$.

Оскільки $\{X_t\}_{t \in N}$ строго стаціонарний процес, то досліджуваний процес $\{Y_t\}_{t \in N}$ є строго стаціонарним. Тим більш Y_t для кожного t має граничний розподіл

$$P(Y_t = y) = \sum_{i \in S_X} P(Y_t = y, X_t = i) = \sum_{i \in S_X} P(Y_t = y | X_t = i) P(X_t = i) = \sum_{i \in S_X} \delta_i \gamma_i,$$

який є скінченною сумішшю пуасонівських розподілів. Більш того, легко показати, що очікувана величина Y_t для кожного t задається

$$E(Y_t) = \sum_{i \in S_X} \delta_i \gamma_i.$$

Нарешті зауважимо, що величини Y_t є понадрозподіленими. Це вказує на те, що відхилення більше за середнє значення. Фактично, $V(Y_t) = \gamma' D \gamma + \delta' \gamma - (\delta' \gamma)^2 > E(Y_t) = \delta' \gamma$ для будь-якого t при $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_m)'$ та $D = \text{diag}(\delta)$ [5].

Результати досліджень. ППММ була нами введена залежною від множини параметрів: початково-стаціонарного розподілу $\delta = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_m)'$, транзитивних ймовірностей $\lambda_{i,j}$ ($i, j \in S_X$) та ймовірностей, залежних від стану $\pi_{y,i}$ ($y \in N, i \in S_X$).

Зараз ми дамо деякі оцінки для цих параметрів. Зокрема, ми шукаємо максимально правдоподібні оцінки $m^2 - m$ перехідних ймовірностей $\lambda_{i,j}$ з $i \neq j$, тобто недиагональних елементів матриці Ω , і максимальних оцінювачів правдоподібності від m пуасонівських параметрів γ_i , що мають у собі станозалежні ймовірності $\pi_{y,i}$. Використовуючи оцінену матрицю Ω , ми також

задаємо оцінювач початкового розподілу δ від $\delta' = \delta' \Omega$. Позначимо через φ вектор невідомих параметрів, щоб оцінити їх вектором максимальної правдоподібності

$$\varphi = (\lambda_{1,2}, \lambda_{1,3}, \dots, \lambda_{m,m-1}, \lambda_1, \dots, \lambda_m)',$$

а через Φ позначимо простір параметрів.

Нехай $y = (y_1, \dots, y_T)'$ вектор досліджуваних даних, тобто послідовність T реалізацій стохастичних процесів $\{Y_t\}_{t \in N}$, вектор y є неповним, оскільки послідовність станів ланцюжка $\{X_t\}_{t \in N}$ є відсутньою. Нехай $x = (i_1, \dots, i_T)'$ буде вектор недосліджуваних станів ланцюжка $\{X_t\}_{t \in N}$. Таким чином $(i, y_1, \dots, i_T, y_T)'$ є вектором повних даних.

Функція правдоподібності повних даних $L_T^c(\varphi)$ визначається як об'єднана ймовірність T досліджень і T недосліджуваних станів. Використовуючи марковську залежність, умовно-незалежні і одночасно залежні умови, ми легко отримуємо

$$L_T^c(\varphi) = P(Y_1 = y_1, \dots, Y_T = y_T, X_1 = i_1, \dots, X_T = i_T) = \delta_{i_1} \pi_{y_1, i_1} \prod_{t=2}^T \lambda_{i_{t-1}, i_t} \pi_{y_t, i_t},$$

підсумовуючи i_1, \dots, i_T з обох боків, ми отримуємо функцію правдоподібності неповних даних:

$$L_T(\varphi) = P(Y_1 = y_1, Y_2 = y_2, \dots, Y_T = y_T) = \sum_{i_1 \in S_X} \sum_{i_2 \in S_X} \dots \sum_{i_T \in S_X} \delta_{i_1} \pi_{y_1, i_1} \prod_{t=2}^T \lambda_{i_{t-1}, i_t} \pi_{y_t, i_t},$$

де π_{y_t, i_t} є станозалежною ймовірністю y_t , зумовленою на стані i_t ($t = 1, \dots, T$):

$$\pi_{y_t, i_t} = e^{-\gamma_{i_t}} \frac{\gamma_{i_t}^{y_t}}{y_t!} \quad (1)$$

Для того, щоб знайти оцінювач максимальної правдоподібності φ , ми розв'яжемо систему правдоподібності, але дуже важко знайти аналітичне розв'язання, тому ми змушені використовувати чисельний метод. Оскільки ми маємо справу з неповними даними, ми застосуємо ЕМ-алгоритм [6], який базується на ітеративній процедурі з двома кроками на кожній ітерації: *перший крок*, Е-крок, забезпечує очікування, *другий крок* забезпечує максимізацію.

Нехай $Q(\varphi; \varphi')$ функція визначена на Е-кроці:

$$Q(\varphi; \varphi') = E_{\varphi'}(\ln L_T^c(\varphi) | y),$$

для кожного заданого вектору φ' , що має відношення до простору параметрів Φ .

Демпстер, Леад, Рубін [7] в 1977 році довели, що достатньою умовою для максимізації $L_T(\varphi)$ є максимізація $Q(\varphi; \varphi')$ по відношенню до φ . Особливо не деталізуючи, ітеративна схема EM-алгоритму буде наступною.

Нехай $\varphi^{(k)}$ буде вектором оцінки, що отриманий на k -ій ітерації:

$$\varphi^{(k)} = (\lambda_{1,2}^{(k)}, \lambda_{1,3}^{(k)}, \dots, \lambda_{m,m-1}^{(k)}, \lambda_1^{(k)}, \dots, \lambda_m^{(k)})'$$

а на $(k+1)$ -ій ітерації E та M кроки задаються наступним чином:

- E-крок – дано $\varphi^{(k)}$, обчислюємо $Q(\varphi; \varphi^{(k)}) = E_{\varphi^{(k)}}(\ln L_T^c(\varphi) | y)$;
- M-крок – шукаємо $\varphi^{(k+1)}$, яка максимізує $Q(\varphi; \varphi^{(k)})$.

Тобто,

$$Q(\varphi^{(k+1)}; \varphi^{(k)}) \geq Q(\varphi; \varphi^{(k)})$$

для будь-яких $\varphi \in \Phi$.

Кроки E та M повинні повторюватися, доки послідовність величин правдоподібності $\{\ln L_T(\varphi^{(k)})\}$ не зійдеться, тобто доки різниця

$$\ln L_T(\varphi^{(k+1)}) - \ln L_T(\varphi^{(k)})$$

не стане меншою або рівною достатньо малій величині.

Коли деяка послідовність умов на просторі параметрів Φ та на функціях $L_T(\varphi)$ і $Q(\varphi; \varphi^{(k)})$ задовольняється, ми можемо сказати, що алгоритм сходиться на $(k+1)$ -ій ітерації. Коли $(\varphi^{(k+1)}; \ln L_T(\varphi^{(k+1)}))$ є стаціонарною точкою, та $\varphi^{(k+1)} = (\lambda_{1,2}^{(k+1)}, \lambda_{1,3}^{(k+1)}, \dots, \lambda_{m,m-1}^{(k+1)}, \lambda_1^{(k+1)}, \dots, \lambda_m^{(k+1)})'$ є оцінкою максимальної правдоподібності невідомого параметру φ .

Для ПММ поверхня правдоподібності є нерівномірною та характеризується багатьма локальними максимумами або стаціонарними точками. Зрозуміло, що стаціонарна точка, для якої EM-алгоритм сходиться, може і не бути глобальним максимумом. Таким чином, для того щоб визначити глобальний максимум, вибір початкової точки є визначальним.

Застосування алгоритму для пошуку оцінки невідомих параметрів з EM-алгоритмом може бути спрощено за допомогою використання ймовірностей «вперед» та «назад», які були введені Баумом у 1970 році [8]. Імовірність «вперед», яка позначається $\alpha_i(i)$, є об'єднаною імовірністю попереднього та даного дослідження. Та даний стан ланцюжка такий

$$\alpha_i(i) = P(Y_1 = y_1, \dots, Y_t = y_t, X_t = i).$$

У той час, як зворотна імовірність (імовірність «назад»), яка позначається $\beta_i(i)$, є імовірністю майбутніх досліджень, зумовлених теперішнім станом ланцюжка

$$\beta_t(i) = P(Y_{t+1} = y_{t+1}, \dots, Y_T = y_T | X_t = i).$$

Імовірності $\alpha_t(i)$ та $\beta_t(i)$ можуть бути рекурсивно обчислені наступним чином:

$$\begin{aligned} \alpha_1(i) &= \delta_i \pi_{y_1, i}, \text{ де } i = 1, 2, \dots, m & (2) \\ \alpha_t(j) &= \left(\sum_{i \in S_X} \alpha_{t-1}(i) \lambda_{i,j} \right) \pi_{y_t, j}, \text{ де } t = 2, \dots, T \text{ та } j = 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

для імовірностей «вперед», та

$$\begin{aligned} \beta_T(i) &= 1, \text{ де } i = 1, 2, \dots, m & (3) \\ \beta_t(i) &= \sum_{j \in S_X} \pi_{y_{t+1}, j} \beta_{t+1}(j) \lambda_{i,j}, \text{ де } t = T-1, \dots, 1 \text{ та } i = 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

для ймовірностей «назад» [5].

Потім ми отримаємо наступні вирази для функцій $Q(\varphi; \varphi^{(k)})$ на E -кроці $(k+1)$ -ої ітерації EM-алгоритму [9]

$$\begin{aligned} Q(\varphi; \varphi^{(k)}) &= E_{\varphi^{(k)}} (\ln L_T^c(\varphi) | y) = \sum_{i \in S_X} \frac{\alpha_1^{(k)}(i) \beta_1^{(k)}(i)}{\sum_{l \in S_X} \alpha_1^{(k)}(l) \beta_1^{(k)}(l)} \ln \delta_i + \\ &+ \sum_{i \in S_X} \sum_{j \in S_X} \frac{\sum_{t=1}^{T-1} \alpha_t^{(k)}(i) \lambda_{i,j}^{(k)} \pi_{y_{t+1}, j}^{(k)} \beta_{t+1}^{(k)}(j)}{\sum_{l \in S_X} \alpha_t^{(k)}(l) \beta_t^{(k)}(l)} \ln \lambda_{i,j} + \sum_{i \in S_X} \frac{\sum_{t=1}^T \alpha_t^{(k)}(i) \beta_t^{(k)}(i)}{\sum_{l \in S_X} \alpha_t^{(k)}(l) \beta_t^{(k)}(l)} \ln \pi_{y_t, i} \end{aligned} \quad (4)$$

де $\pi_{y_t, i}^{(k)}$, $\alpha_t^{(k)}(i)$ та $\beta_t^{(k)}(i)$ обчислені згідно з формулами (1), (2) та (3) відповідно, використовуючи значення параметру $\varphi^{(k)}$, який обчислений у k -тій ітерації. У той час, як $\delta^{(k)}$ обчислена як $\delta^{(k)} = \delta'^{(k)} \Omega^{(k)}$.

Слід зауважити, що δ , стаціонарне припущення, містить дані про матрицю транзитивних ймовірностей Ω , оскільки $\delta_j = \sum_{i \in S_X} \delta_i \lambda_{i,j}$ для кожного $j \in S_X$. Тим не менш, для великих T ефект δ є незначним [10]. Тим паче, на M кроці $(k+1)$ -ої ітерації для того, щоб отримати $\varphi^{(k+1)}$, ми можемо проігнорувати перший доданок у формулі (4), коли максимізується $Q(\varphi; \varphi^{(k)})$ у відношенні до $m^2 - m$ параметрів $\lambda_{i,j}$.

Вираз для оцінки максимальної правдоподібності $\lambda_{i,j}$ отриманий на $(k+1)$ -ій ітерації EM-алгоритму, задається [9]

$$\lambda_{i,j}^{(k+1)} = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} \alpha_t^{(k)}(i) \lambda_{i,j}^{(k)} \pi_{y_{t+1}, j}^{(k)} \beta_{t+1}^{(k)}(j)}{\sum_{t=1}^{T-1} \alpha_t^{(k)}(i) \beta_t^{(k)}(i)} \quad (5)$$

для кожного стану i та кожного стану j , $j \neq i$ марковського ланцюжка $\{X_t\}$.

Оцінювач максимальної правдоподібності γ_i , отриманий на $(k+1)$ -ій ітерації ЕМ-алгоритму, задається співвідношенням

$$\gamma_i^{(k+1)} = \frac{\sum_{t=1}^T \alpha_t^{(k)}(i) \beta_t^{(k)}(i) y_t}{\sum_{t=1}^T \alpha_t^{(k)}(i) \beta_t^{(k)}(i)} \quad (6)$$

для будь-якого стану i марковського ланцюжка $\{X_t\}$.

Леруа та Бікель, Рітов, Райден [11-15] довели, що оцінювачі в формулах (5) та (6) несуперечливі та асимптотично нормальні.

Висновки. Досліджені нами властивості ППММ показують практичну можливість їх використання для прогнозування часових рядів, які мають марковські властивості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баклан І.В., Степанкова Г.А. Імовірнісні моделі для аналізу та прогнозування часових рядів // Искусственный интеллект. – 2008. – № 3. – С. 505-515.
2. Баклан І.В., Степанкова Г.А. Основні проблеми при застосуванні прихованих марковських моделей: матеріали міжнародної наукової конференції [«Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту»]. – Том 2. – Херсон: ХНТУ, 2009. – С. 430-432.
3. Grimmett G.R. and Stirzaker D.R. *Probability and Random Processes*. – 2nd edition. – Oxford : Clarendon Press; New York : Oxford University Press, – Oxford science publications. – 1992. – 541 p.
4. Guttorp P. *Stochastic Modeling for Scientific Data*. – Chapman & Hall, London. – 1995. – 372 p.
5. MacDonald I.L. and Zucchini W. *Hidden Markov and Other Models for Discrete-valued Time Series*. – Chapman & Hall, London, 1997. – P. 60, 70.
6. McLachlan, G.J. and Krishnan T. *The EM algorithm and extensions*. – New York; John Wiley & Sons, Inc., 1997. – 274 p.
7. Dempster A.P., Laird N.M., Rubin D.B. Maximum likelihood from incomplete data via. the EM algorithm (with Discussion) // *Journal of the Royal Statistical Society. Series B*, 39. – 1977. – P. 1-38.
8. Baum L.E., Petrie T., Soules G., Weiss N. A maximization technique occurring in the statistical estimation for probabilistic functions of Markov chains // *The Annals of Mathematical Statistics*. – Vol. 41, no. 1. – 1970. – P. 164-171.
9. Spezia L. *Stima dei parametri di un modello markoviano binomiale negative parzialmente osservato*. Tesi di dottorato, Università degli Studi di Trento. – 1999. – P. 64-66, 70-75.
10. Basawa I.V. and Prakasa Rao B.L.S. *Statistical Inference for Stochastic Processes*. – Academic Press, London, 1980. – P. 53-54.

11. Le N.D., Leroux B.G., Puterman M.L. Reader Reaction: Exact Likelihood Evaluation in a Markov Mixture Model for Time Series of Seizure Counts. – *Biometrics*, 48, 1992. – P. 317-323, 19.

12. Leroux B.G. Maximum-likelihood estimation for hidden Markov models. *Stochastic Processes and their Applications*, 40, 1992. – P. 127-143.

13. Leroux B.G. and Puterman M.L. Maximum-Penalized-Likelihood Estimation for Independent, and Markov-Dependent, Mixture Models. *Biometrics*, 48, 1992. – P. 545-558.

14. Ryden, T. (1999). Likelihood inference in ergodic hidden Markov models: a unified approach, implications and future directions. *Abstracts of Second European Conference on Highly Structured Stochastic System*.

<http://www.unipv.it/hsss99/abstracts/tobias.ps>.

15. Giudici P., Ryden T., Vandekerckhove P. (1998). *Likelihood ratio tests for hidden Markov models*. Technical report, 1998: 19, Lund University, Sweden.

Баклан И.В., Степанкова А.А. ПУАСОНОВСКИЕ СКРЫТЫЕ МАРКОВСКИЕ МОДЕЛИ

В статье исследованы свойства Пуассоновских скрытых марковских моделей (ППММ) и показана практическая возможность их применения для прогнозирования временных рядов, которые имеют марковские свойства.

Ключевые слова: Пуассоновские скрытые марковские модели, марковские процессы, прогнозирование временных рядов, функция (оценка) правдоподобности, вероятность.

Baklan I.V., Stepankova A.A. POISSON'S HIDDEN MARKOV'S MODELS

Properties of Poisson's hidden Markov's models (PHMM) were studied in the paper and practical possibility of their application for prediction of time series that have Markov's properties was shown.

Key words: Poisson's hidden Markov's models, Markov's processes, prediction of time series, function (estimation) of plausibility, probability.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СЕЧЕНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТИ ПЯТНА ИЗЛУЧЕНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Губернаторов В.А.,

Государственный экономико-технологический университет транспорта, г. Киев

В настоящее время в полиграфии, лазерной обработке материалов, локации, оптической связи и других областях техники ощущается необходимость более широкого внедрения оптико-электронных систем с автоматической корректировкой искажений формируемого светового излучения. Причинами этих искажений могут быть дестабилизирующее воздействие механических или климатических факторов, нестабильность характеристик источника излучения, возмущения в оптическом тракте, разъюстировка оптических элементов и т.п. Обеспечение приемлемого качества коррекции требует непрерывного динамического контроля характеристик светового излучения, например пространственного распределения его интенсивности, в том числе оценки отклонения указанного распределения от исходного или эталонного распределения.

В данной работе рассмотрены теоретические основы по решению данной проблемы, также проведено моделирование, результаты которого представлены в данной работе.

Ключевые слова: пятно излучения, метод сечений, коэффициент формы поверхности, изображение пятна лазерного пучка.

Введение. В настоящее время в полиграфии, лазерной обработке материалов, локации, оптической связи и других областях техники ощущается необходимость более широкого внедрения оптико-электронных систем с автоматической корректировкой искажений формируемого светового излучения. Причинами этих искажений могут быть дестабилизирующее воздействие механических или климатических факторов, нестабильность характеристик источника излучения, возмущения в оптическом тракте, разъюстировка оптических элементов и т.п. Обеспечение приемлемого качества коррекции требует непрерывного динамического контроля характеристик светового излучения, например пространственного распределения его интенсивности, в том числе оценки отклонения указанного распределения от исходного или эталонного распределения.

Целью данной работы является разработка метода выборки и последующей обработки формы поверхности пятна излучения в реальном времени.

Традиционный путь решения данной задачи включает формирование изображения пятна излучения $B(x, y)$ на светочувствительной поверхности фотоприемника с последующим преобразованием в сигнал $U(x, y)$, амплитуда которого в каждой точке разложения с координатами (x, y) соответствует интенсивности в $B(x, y)$, т.е. $U(x, y) \leftrightarrow B(x, y)$. Далее сигнал $U(x, y)$ сравнивают с эталонным сигналом $W(x, y)$ для всех точек разложения сигналов. Сигналы $U(x, y)$ и $W(x, y)$ представляют собой некоторые поверхности, которые могут

отличаться типом, коэффициентом относительного масштаба, вектором относительной координатной привязки и углами относительных поворотов в трехмерном пространстве. Поэтому сравнение этих поверхностей должно производиться с учетом всех возможных ситуаций, что требует огромного объема вычислений и затруднительно для осуществления в реальном времени.

В практически важных случаях требуемое сравнение поверхностей $U(x, y)$ и $W(x, y)$ может быть реализовано с помощью излагаемого ниже нового метода сечений. Этот метод включает следующие операции:

1) нахождение максимальных амплитуд сигналов $U(x, y)$ и $W(x, y)$ (рис. 1):

$$U_{\max} = \max U(x, y) = h_u,$$

$$W_{\max} = \max W(x, y) = h_w;$$

2) нахождение значений площадей $S_{0,75u}$ и $S_{0,5u}$ сечений на уровнях $0,75 h_u$ и $0,5 h_u$ для сигнала $U(x, y)$ соответственно, $S_{0,75w}$ и $S_{0,5w}$ на уровнях $0,75 h_w$ и $0,5 h_w$ для сигнала $W(x, y)$ соответственно;

3) расчет приближенных значений коэффициентов формы $\tilde{r}_{v,u}$ и $\tilde{r}_{v,w}$ для сигналов $U(x, y)$ и $W(x, y)$ соответственно;

$$r_{v,u} \approx \tilde{r}_{v,u} = r_{s,u} = S_{0,75u} / S_{0,5u}, \quad (1)$$

$$r_{v,w} \approx \tilde{r}_{v,w} = r_{s,w} = S_{0,75w} / S_{0,5w}, \quad (2)$$

где \sim – знак приближенного значения,

$$r_{v,u} = V_{0,5u} / h_u S_{0,5u}, \quad 0 < r_{v,u} \leq 1 \quad (3)$$

$$r_{v,w} = V_{0,5w} / h_w S_{0,5w}, \quad 0 < r_{v,w} \leq 1, \quad (4)$$

где $V_{0,5u}$ и $V_{0,5w}$ – суммарное значение амплитуд сигналов $U(x, y)$ и $W(x, y)$, меньших уровней $0,5 h_u$ и $0,5 h_w$ соответственно.

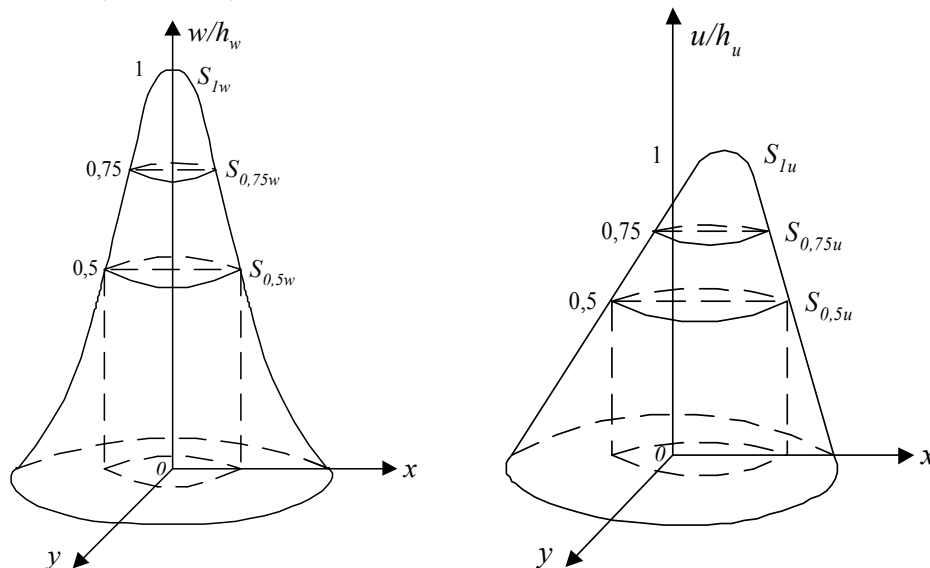


Рисунок 1 – Сигналы эталонного (а) и текущего (б) изображений пятна излучения

Покажем справедливость $r_v \approx r_s$ на примере текущего сигнала $U(x, y)$ следующим образом.

Объем $\widehat{V}_{0,5u}$ фигуры выше сечения поверхности $U(x, y)$ по уровню $0,5 h_u$ может быть найден с помощью одной из известных формул приближенного вычисления интегралов для равноотстоящих узловых точек, например, формулы Симпсона [1]:

$$\widehat{V}_{0,5u} \approx h_u [S(U_{\max}) + 4S_{0,75u} + S_{0,5u}] / 12 \approx h_u S_{0,5u} (4r_{s,u} + 1) / 12. \quad (5)$$

Так как $S(U_{\max}) = S_{1u}$ – площадь сечения поверхности на уровне максимальной амплитуды, при этом чаще всего $S_{1u} \approx 0$.

4) сравнение коэффициентов формы $r_{s,u}$ и $r_{s,w}$ (вместо поэлементного сравнения поверхностей).

Используя (5), легко получить

$$V_{0,5u} = \widehat{V}_{0,5u} + h_u S_{0,5u} / 2 \approx h_u S_{0,5u} (4r_{s,u} + 7) / 12, \quad (6)$$

откуда следует

$$\tilde{r}_{v,u} \approx (4r_{s,u} + 7) / 12. \quad (7)$$

Линейная зависимость коэффициентов \tilde{r}_v и r_s позволяет использовать коэффициент r_s как характеристику формы соответствующей поверхности.

Возможности классификации типов поверхностей посредством коэффициента r_s отражены в таблице. Разные значения коэффициента r_s соответствуют разным типам поверхностей приведенных в ней примеров фигур.

Важным достоинством коэффициента r_s для некоторых типов поверхностей является его независимость от коэффициента масштаба, сдвига и ориентации соответствующей поверхности. Кроме того, вычисление коэффициента r_s , так как число разрядов кода значения $S_{0,5}$ всегда существенно меньше числа разрядов кода значения $V_{0,5}$.

Коэффициент $4r_s$ характеризует обобщенную выпуклость поверхности: при $4r_s > 1$ – поверхность выпукла, при $4r_s < 1$ – поверхность плоская в обобщенном смысле, при $4r_s = 1$ – поверхность линейна в обобщенном смысле.

Важно отметить, что поверхность можно охарактеризовать площадью эффективного сечения S_s :

$$S_s = 2(V_{0,5} - S_{0,5} \cdot h \cdot 0,5) / h \approx 2(S_{0,5} \tilde{r}_v h - S_{0,5} \cdot h \cdot 0,5) / h = 2S_{0,5} (\tilde{r}_v - 0,5), \quad (8)$$

Метод сечений [2] можно использовать для выборки сигналов лазерных пучков, а в качестве параметра выборки использовать коэффициент формы, при этом данная методика будет использоваться для нахождения центров лазерных пучков.

$$S_s \approx \tilde{S}_s = \begin{cases} (4S_{0,75} + S_{0,5}) / 6 & \text{при } S_1 \approx 0, \\ (S_1 + 4S_{0,75} + S_{0,5}) / 6 & \text{при } S_1 \neq 0, \end{cases} \quad (9)$$

где S_1 – площадь сечения сигнала на его максимальном уровне.

Этапы алгоритма контроля формы изображения пятна лазерного пучка

Алгоритм заключается в следующем:

1. На изображении находится точка с максимальной яркостью.
 2. От найденного значения яркости на изображении выбираются 5 значений яркости, каждое на единицу меньше от предыдущего. Крайние точки каждого из 6 диапазонов образуют краевые линии. В результате получается 6 краевых линий (рис. 2).

3.

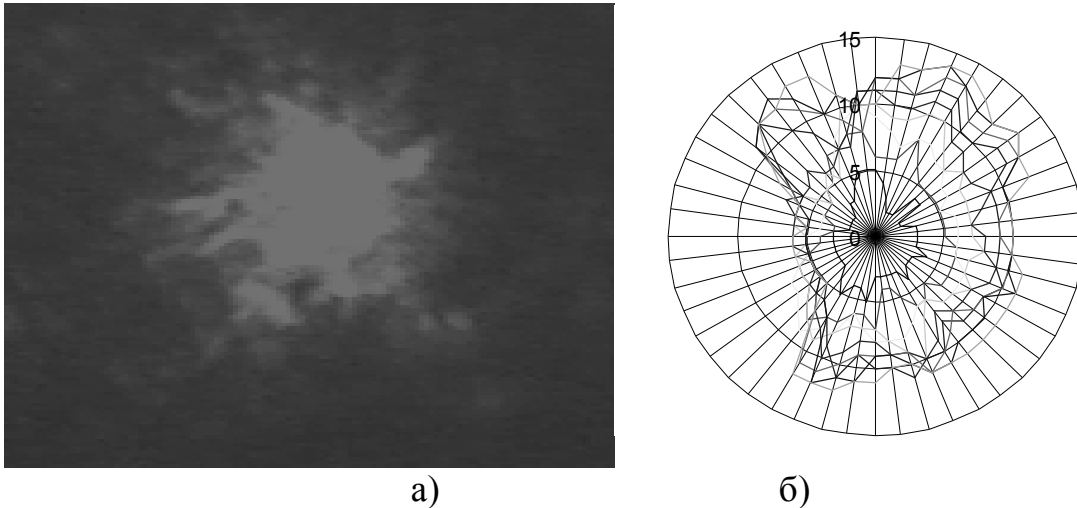


Рисунок 2 – Форма изображения пятна лазерного пучка:
 а) изображение пятна, б) краевые линии

4. Для каждого краевого контура определяется предварительный центр, после чего вычисляется усредненный центр для координат X и Y.

Координаты (x, y) энергетического центра двумерного сигнала с удельной нелинейной плотностью $w(f(x, y))$, соответствующей данному значению $f(x, y)$, выражаются в следующем виде:

$$x = \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} w(f(x, y)) \cdot x, \quad y = \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} w(f(x, y)) \cdot y, \quad M = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} w(f(x, y)).$$

5. Полученные краевые линии разбиваются на 4 сегмента. В качестве центральной точки используются координаты предварительного центра (усредненного центра).

6. Определяются ”хорошие” и ”плохие” изображения по факту попадания в рассчитанный туннель вычисленного коэффициента формы. Если коэффициент формы текущего изображения попадает в туннель, то последнее считается ”хорошим”, в противном случае – ”плохим”.

Границы туннеля вычисляются в обучаемой выборке изображений путем последовательного выбора изображений и соответствующих коэффициентов формы с минимальным разбросом координат предварительных центров.

7. Вычисляются координаты энергетических центров только для «хороших» изображений.

При исследовании трасы лазерных пучков проводятся следующие действия:

Из 10% изображений пятен лазерных пучков формируется начальная выборка. Во время ее формирования методом перебора определяются границы туннеля. Далее проводится выборка изображений пятен лазерных пучков и определяется группа "хороших" изображений.

Исследовано 15 трас лазерных пучков [3] и получены следующие результаты (показано для 2-х трас):

1. Границы туннеля $\underline{a} := 0.777$ $\underline{b} := 0.78$

Значение разницы между максимальным и минимальным значением координат 1,147.

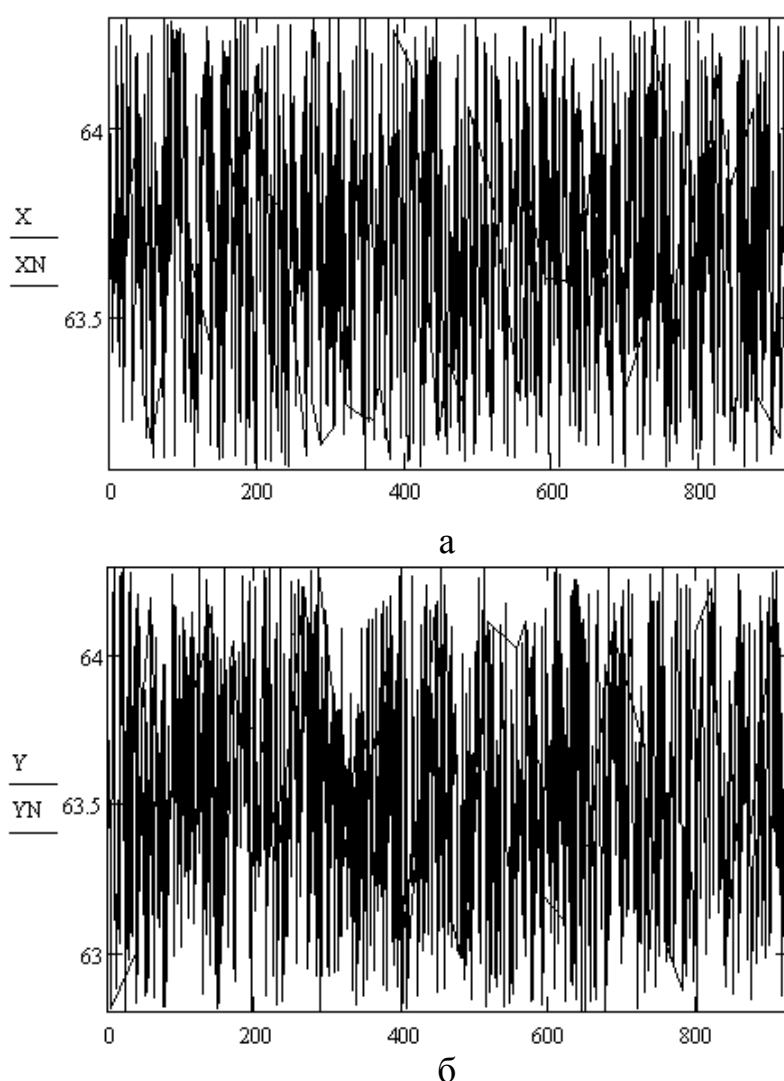


Рисунок 3 – График распределения координат центров лазерных пучков (а – значение X, б – значение Y), где X, Y координаты всей трасы лазерных пучков соответственно, XN, YN значение координат центров пятен после выборки

2. Границы туннеля $a := 0.751$ $b := 0.757$

Значение разницы между максимальным и минимальным значением координат 2.18.

Выводы. Эксперименты показывают, что для изображений пятен лазерных пучков в результате действия разнообразных дестабилизирующих факторов невозможно точно измерять координаты их энергетических центров, однако точность можно существенно повысить, используя вычисление коэффициента формы изображений с последующей их классификацией на “хорошие” и “плохие”. Сравнительный анализ показывает, что предложенные методы позволяют измерять координаты центра лазерных изображений с точностью определения точки привязки не менее чем 1-2 элемента разложения, что по точности превышает известные, например, на основе определения центра масс с помощью моментных признаков, в среднем в 1,5 раза.

В соответствии с изложенным методом сечений, сравнение поверхностей сводится к сравнению их коэффициентов формы и не требует поэлементного сравнения с учетом всех случаев отличия их типов, коэффициента масштаба, относительного сдвига и поворота в пространстве. Важно отметить, что равенство коэффициентов формы поверхностей, в общем случае, позволяет отнести их к одному и тому же обобщенному типу поверхности или аппроксимировать этим типом поверхности.

Очевидно, что метод сечений может быть легко распространен на случай увеличения числа равноотстоящих сечений поверхности или изменения значений уровней сечений, изменения весовых коэффициентов площадей сечений.

При этом в качестве порождающей основы также целесообразно использовать подходящую формулу приближенного вычисления интегралов [1].

Рассмотренный метод сечений перспективен также для применения в задачах классификации и архивации изображений в реальном времени. Важным достоинством данного метода является простота осуществления как программными, так и аппаратными средствами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – 13-е изд., испр. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1986. – 544 с.

2. Кутаев Ю.Ф., Сидоров А.С. Метод фильтрации геометрического шума бинарного изображения / Сб. научных трудов „Информационная и микропроцессорная техника в полиграфии”. – М.: Изд-во МПИ „Мир книги”, 1992. – С. 57-73.

3. Laser Control of Near Earth Space and Possibilities for Removal of Space Debris from Orbit with Explosive Photo-Dissociation Lasers with Phase Conjugation / Basov N.G., Zemskov E.M., Kutaev Y.F. et. al. // Proc. GCL/HPL 98. SPIE Symposium. – St-Petersburg, Russia, 1998.

4. Система координатной привязки для нестационарных сигналов / Тимченко Л.И., Кутаев Ю.Ф., Герций А.А. и др. // Известия РАН, сер. физическая. – 2001. – № 6. – С. 886-890.

5. Leonid I. Timchenko, Yuriy F. Kutaev Method for Training of a Parallel-Hierarchical Network, Based on Population Coding for Processing of Extended Laser Paths Images // Proceedings of SPIE, Volume 4790, 2002. – P. 465-479.

Губернаторов В.А. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ПЕРЕТИНІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ФОРМИ ПОВЕРХНІ ПЛЯМИ ВИПРОМІНЮВАННЯ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Сьогодні в поліграфії, лазерній обробці матеріалів, локації, оптичному зв'язку й інших областях техніки відчувається необхідність більш широкого впровадження оптико-електронних систем з автоматичним коректуванням перекручувань формованого світлового випромінювання. Причинами цих перекручувань можуть бути дестабілізуючий вплив механічних або кліматичних факторів, нестабільність характеристик джерела випромінювання, збурювання в оптичному тракті, роз'юстировка оптичних елементів тощо. Забезпечення прийнятної якості корекції вимагає неперервного динамічного контролю характеристик світлового випромінювання, наприклад, просторового розподілу його інтенсивності, у тому числі оцінки відхилення зазначеного розподілу від вихідного або еталонного розподілу.

У роботі розглядаються теоретичні основи вирішення даної проблеми, також проведено моделювання, результати якого представлено у роботі.

Ключові слова: пляма випромінювання, метод перетинів, коефіцієнт форми поверхні, зображення плями лазерного пучка.

Gubernatorov V.A. APPLICATION OF THE METHOD OF SECTIONS TO CONTROL THE FORM OF THE SURFACE OF THE SPOT OF RADIATION IN REAL TIME

Now in polygraphy, laser processing of materials, location, optical communication and other areas of engineering a necessity of wider introduction of optical-and-electronic systems with automatic adjustment of distortions of formed light radiation is being felt. Destabilizing effect of mechanical or climatic factors, instability of characteristics of a source of radiation, perturbations in an optical path, disalignment of optical elements can be the reasons of these distortions, etc. Support of comprehensible quality of correction demands continuous dynamic control of characteristics of light radiation, for example, space distribution of its intensity, including an estimation of the above deviation of the specified distribution from the initial or standard distribution.

In the given work theoretical bases on solution of the given problem are considered, modeling is carried out as well and its results are presented in this paper.

Key words: spot of radiation, method of sections, form factor of surface, imaging of laser beam spot.

**MODELS OF COMPETITORS' PREFERENCES INFLUENCE
UPON THE NUMBER OF SEAFARERS ON BOARD AND ASHORE***V.O. Kasjanov, A.V. Goncharenko****Dedicated to 2010 declared by IMO as the Year of Seafarer***

An attempt is made to model, with the help of the theory of subjective analysis, a distribution of the number of seafarers on board and ashore at a certain time. According to a few-year statistical data of the "Marlow Navigation" crewing company, having a total number of recruited seafarers approximately 11000, there is an approximate distribution ratio for a stable economic period: on board is twice as much as ashore. By the foreseen data of the same company, due to the financial-economic crisis, it is expected vice versa proportion: ashore is twice as much as aboard.

Key words: preferences functions, subjective entropy, seafarer choice, crewing company.

Introduction. Ship-owners hire seafarers recruited for them by crewing companies. Rotation of the seafarers goes on and neither the ship-owners nor the members of their ships' crews do know exactly when and where they change their colleagues. Moreover the financial situation on the world market sometimes changes dramatically and all of the players have their own preferences. Thus, for the ship-owners and crewing companies, the number of seafarers on board and ashore has a probabilistic value.

Urgency of researches. The problem also increases due to uncertainty because agreements not always can be come to, unexpected events may happen, there is a competition factor etc. Therefore the problem of taking into account subjective preferences is urgent.

Subjective analysis allows considering the factors. The problem setting in general view is related to problems of decision making, financial situation prediction, modeling of psychological processes, expected results of a conducted economic policy etc.

Analysis of the latest researches and publications. Subjective analysis methods were developed in works [1-3]. In the works it is postulated an optimizing principle. In the works [2, 4, 5], there are examples of modeling of subjective preferences influence upon: the number of passengers of an air company; ship's power plant work indexes.

Models of the divider of the processes need more attention, mathematical researches.

The task setting. The object of this article is to consider a new model for the intensity of transitions from a state to another state of a potential seafarer.

The main content (material). At the condition that there are three major groups of players in the field of seagoing transportation industry, we can imagine it diagrammatically, see figure 1.

At each of the three levels there is competition between members and members of a level interact with members of other levels. The interaction between levels is antagonistic. Therefore there can be conflicts of antagonism between levels and conflicts of competition on each level.

Preferences influence upon the intensity of the transition process.

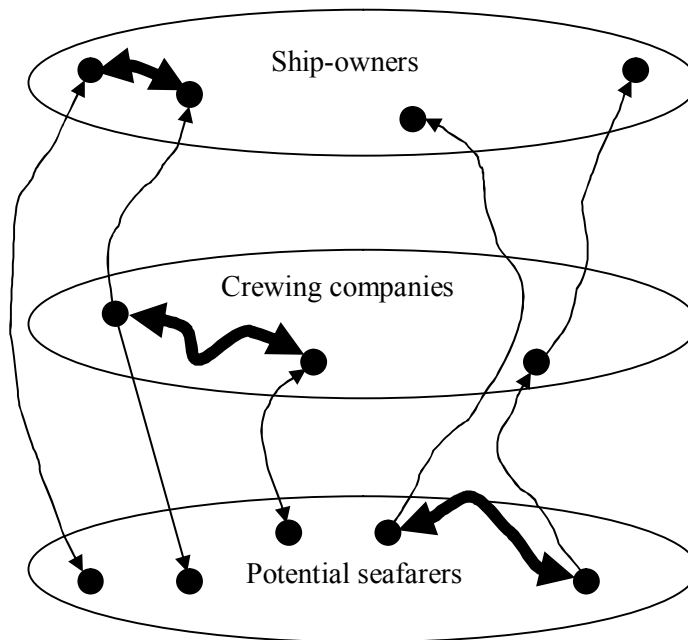


Figure 1 – Competition and interaction between groups and individuals

The problem formulation. Formulating the problem in this setting we will consider some simplifications. The work [1, p. 119, (3.38)] reads: a subject forms his own preferences at the set of achievable for his goals alternatives with the help of a functional taken in a rather general view:

$$\Phi_{\pi} = \alpha H_{\pi} + \beta \varepsilon + \gamma N \quad (1)$$

where H_{π} – the subjective entropy; $\varepsilon = \varepsilon(\pi, U, \dots)$ – a function of subjective effectiveness; N – normalizing condition; α, β, γ – structural parameters, they can be considered in different situations as Lagrange coefficients, weight coefficients or endogenous parameters which represent certain psychic properties.

Choosing the functional (1) in the view of [1, p. 124, (3.55)]:

$$\Phi_{\pi}^{-} = -\sum_{i=1}^N \pi^{-}(\sigma_i) \ln \pi^{-}(\sigma_i) - \beta \sum_{i=1}^N \pi^{-}(\sigma_i) L(\sigma_i) + \gamma \sum_{i=1}^N \pi^{-}(\sigma_i), \quad (2)$$

where $\pi^-(\sigma_i)$ – a function of negative preferences of a subject concerning achievable for him alternatives σ_i ; $L(\sigma_i)$ – a function of losses («harmfulness»); or [1, p. 125, (3.57)] in the view:

$$\Phi_{\pi}^+ = -\sum_{i=1}^N \pi^+(\sigma_i) \ln \pi^+(\sigma_i) + \beta \sum_{i=1}^N \pi^+(\sigma_i) U(\sigma_i) + \gamma \sum_{i=1}^N \pi^+(\sigma_i), \quad (3)$$

where $\pi^+(\sigma_i)$ – a function of subjective positive preferences; $U(\sigma_i)$ – a function of usefulness («utility») which has positive sense; from indispensable conditions for extremes for the cases (2, 3):

$$\frac{\partial \Phi_{\pi}^-}{\partial \pi^-(\sigma_i)} = 0, \quad \frac{\partial \Phi_{\pi}^+}{\partial \pi^+(\sigma_i)} = 0, \quad (\forall i \in \overline{1, N}),$$

we get:

$$-\ln \pi^-(\sigma_i) - 1 - \beta_L L(\sigma_i) + \gamma_L = 0, \quad -\ln \pi^+(\sigma_i) - 1 + \beta_U U(\sigma_i) + \gamma_U = 0, \quad (4)$$

coefficients β and γ here β_L, γ_L – for (2), negative σ_i ; and β_U, γ_U – for (3), positive.

From (4):

$$\pi^-(\sigma_i) = e^{-1+\gamma_L} e^{-\beta_L L(\sigma_i)}, \quad \pi^+(\sigma_i) = e^{-1+\gamma_U} e^{\beta_U U(\sigma_i)}, \quad (5)$$

or simplifying (5), with constants:

$$\pi^-(\sigma_i) = C_L e^{-\beta_L L(\sigma_i)}, \quad \pi^+(\sigma_i) = C_U e^{\beta_U U(\sigma_i)}. \quad (6)$$

Constants of C_L, C_U , for (6):

$$C_L = \left(\sum_{j=1}^N e^{-\beta_L L(\sigma_j)} \right)^{-1}, \quad C_U = \left(\sum_{j=1}^N e^{\beta_U U(\sigma_j)} \right)^{-1}. \quad (7)$$

Then using (7) в (6), we got:

$$\pi^-(\sigma_i) = \frac{e^{-\beta_L L(\sigma_i)}}{\sum_{j=1}^N e^{-\beta_L L(\sigma_j)}}, \quad \pi^+(\sigma_i) = \frac{e^{\beta_U U(\sigma_i)}}{\sum_{j=1}^N e^{\beta_U U(\sigma_j)}}. \quad (8)$$

The simplest model for a potential seafarer transitions is represented by the graph shown on the figure 2.

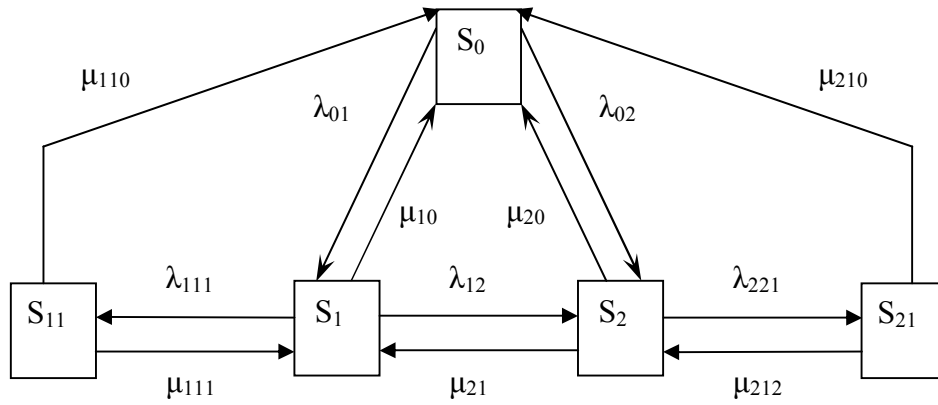


Figure 2 – Graph of a potential seafarer states

$S_0, S_1, S_2, S_{11}, S_{21}$, – are states of an individual: “not a seafarer”, “a seafarer recruited by the first crewing company”, “a seafarer recruited by the second crewing company”, “a seafarer recruited by the first crewing company is on board the ship of the first ship-owner”, “a seafarer recruited by the second crewing company is on board the ship of the second ship-owner” respectively. λ -s and μ -s are intensities of transitions from a state to another state. Probabilities of states – P_0, P_1, P_2, P_3, P_4 respectively.

The number of seafarers is divided proportionally to the corresponding probability. According to the variant, fig. 2, the system of the differential equations (by Erlang):

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_0(t)}{dt} &= -(\lambda_{01} + \lambda_{02}) \cdot p_0(t) + \mu_{10} \cdot p_1(t) + \mu_{20} \cdot p_2(t) + \mu_{110} \cdot p_3(t) + \mu_{210} \cdot p_4(t) \\ \frac{dp_1(t)}{dt} &= \lambda_{01} \cdot p_0(t) - (\mu_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{111}) \cdot p_1(t) + \mu_{21} \cdot p_2(t) + \mu_{111} \cdot p_3(t) \\ \frac{dp_2(t)}{dt} &= \lambda_{02} \cdot p_0(t) + \lambda_{12} \cdot p_1(t) - (\mu_{20} + \mu_{21} + \lambda_{221}) \cdot p_2(t) + \mu_{212} \cdot p_4(t) \\ \frac{dp_3(t)}{dt} &= \lambda_{111} \cdot p_1(t) - (\mu_{110} + \mu_{111}) \cdot p_3(t) \\ \frac{dp_4(t)}{dt} &= \lambda_{221} \cdot p_2(t) - (\mu_{210} + \mu_{212}) \cdot p_4(t) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Due to crisis or other uncertainty, subjective preferences change intensities λ -s and μ -s. One of the possible ways of that can be modeled by:

$$\lambda_{01}(c, \tau) = \begin{cases} \left(\frac{1}{2} \cdot \lambda \cdot \frac{\pi_1(c, \tau)}{\pi_2(c, \tau)} \right) & \text{if } \pi_1(c, \tau) < \pi_2(c, \tau) \\ \left(\lambda - \frac{1}{2} \cdot \lambda \cdot \frac{\pi_2(c, \tau)}{\pi_1(c, \tau) + \pi_2(c, \tau)} \right) & \text{otherwise} \end{cases}, \quad \lambda = \lambda_{01} + \lambda_{02}. \quad (10)$$

where c and τ – price and time interval (let us say salary and voyage duration in the case). Resources $(L(\sigma_i), U(\sigma_i))$ (8) depend on c and τ . Thus preferences functions for the 1st and 2nd ship-owners are $\pi_1(c, \tau)$ and $\pi_2(c, \tau)$:

$$\pi_1(c, \tau) = \frac{e^{-\beta \cdot R_1(c, \tau)}}{e^{-\beta \cdot R_1(c, \tau)} + e^{-\beta \cdot R_2(c, \tau)}}, \quad \pi_2(c, \tau) = \frac{e^{-\beta \cdot R_2(c, \tau)}}{e^{-\beta \cdot R_1(c, \tau)} + e^{-\beta \cdot R_2(c, \tau)}}. \quad (11)$$

where $R_1(c, \tau)$ and $R_2(c, \tau)$ – resources for the 1st and 2nd shipping companies dependently on price c and time interval τ .

Researches results. Results of modeling by formulas (8-11) are shown on figures 3-7. Calculations were performed for values $c = 100 \dots 8 \cdot 10^3$ and $\tau = 10 \dots 100$.

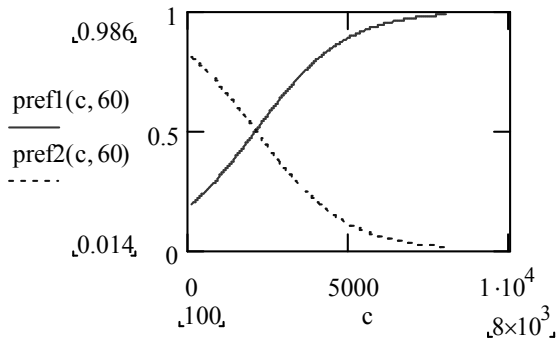


Fig. 3. Preferences functions for $\tau = 60$

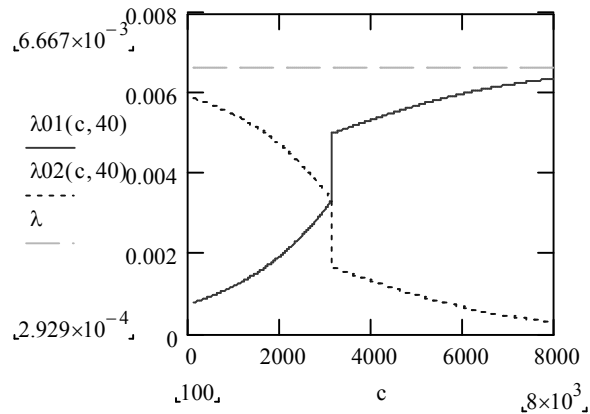
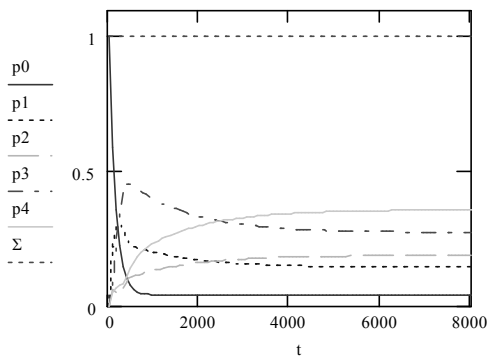
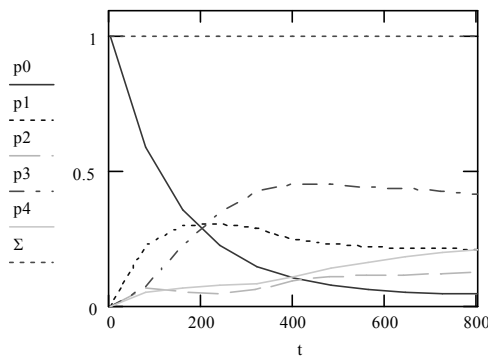


Fig. 4. Intensities of transitions for $\tau = 40$

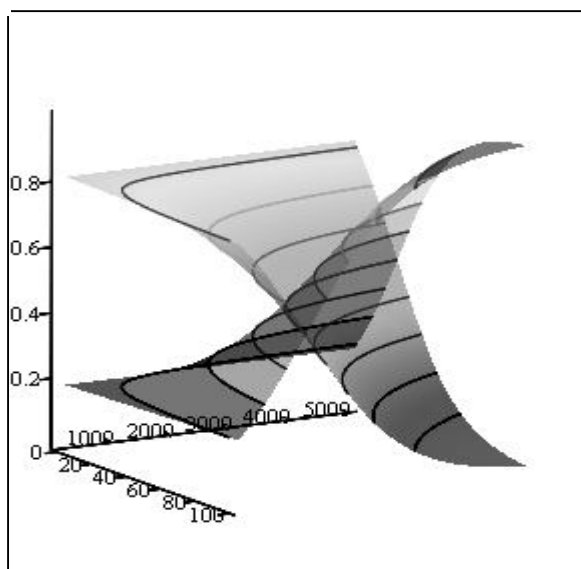


a)



b)

Figure 5 – Dependences of probabilities a) and b) for different time intervals



pref1 , pref2

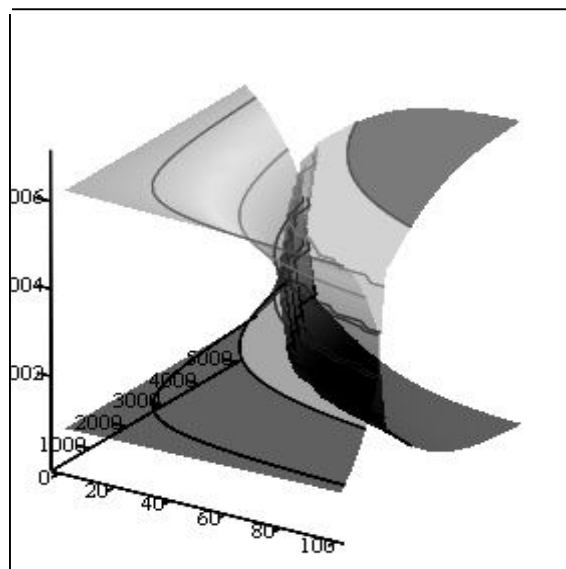
 $\lambda_{01}, \lambda_{02}$

Figure 6 – Preferences functions

Figure 7 – Intensities of transitions

Diagrams for dependences of probabilities (fig. 5 a) and b)) are plotted for a case when c and τ are the time dependent values.

Conclusions. Accordingly to simplifications and assumptions made at the problem formulation it was acquired that the number of seafarers on board is twice as much as those ashore for both shipping companies. That coincides with the “Marlow Navigation” crewing company statistical data for the economic stability period.

Models for the divider system (10) can be composed by the algorithm proposed in the papers [2, 4, 5].

LITERATURE

1. Kasjanov V.O. Subjective analysis: monograph. – K.: NAU, 2007. – 512 p. (Russian).
2. Kasjanov V.O., Goncharenko A.V. Subjective analysis and safety of active systems // Cybernetics and computing engineering. – 2004. – Issue 142. – P. 41-56. (Russian).
3. Kasjanov V.O. Elements of subjective analysis: Monograph. – K.: NAU, 2003. – 224 p. (Russian).
4. Goncharenko A.V. Influence of subjective preferences upon ship's power plant work indexes // Automatics, Automation, Electrotechnical Complexes and Systems. – 2008. – № 2 (22). – P. 105-111. (Ukrainian).
5. Goncharenko A.V. Flight safety support control through technical and cost factors: dissertation of kandidat on technical sciences: 05.13.03. – K., 2005. – 198 p. (Ukrainian).

Касьянов В.О., Гончаренко А.В. МОДЕЛІ ВПЛИВУ ПЕРЕВАГ КОНКУРЕНТІВ НА КІЛЬКІСТЬ МОРЯКІВ НА БОРТУ ТА НА БЕРЕЗІ

Здійснено спробу змодельовати, за допомогою теорії суб'єктивного аналізу, розподіл кількості моряків на тих, хто у певний момент часу знаходиться у морі, та тих, хто очікує відправки у рейс. За декількарічними статистичними даними крьюінгової компанії "Marlow Navigation", при загальній кількості рекрутованих ними моряків (приблизно в одинадцять тисяч осіб), для стабільного економічного періоду характерним є розподіл тієї кількості у співвідношенні приблизно: у морі вдвічі більший контингент, аніж на березі, тих, хто очікує відправки в рейс. За прогнозними даними тієї ж компанії, унаслідок наявної фінансово-економічної кризи, очікується прямо протилежна пропорція: на березі вдвічі більше моряків, аніж на борту суден.

Ключові слова: функції переваг, суб'єктивна ентропія, вибір моряка, крьюінгова компанія.

Касьянов В.А., Гончаренко А.В. МОДЕЛІ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПОЧТЕНИЙ КОНКУРЕНТОВ НА КОЛИЧЕСТВО МОРЯКОВ НА БОРТУ И НА БЕРЕГУ

Осуществлена попытка промоделировать, с помощью теории субъективного анализа, распределение количества моряков на тех, кто в определенный момент времени находится в море, и на тех, кто ожидает отправки в рейс. По нескольколетним статистическим данным крьюинговой компании "Marlow Navigation", при общей численности рекрутированных ими моряков (приблизительно в одиннадцать тысяч человек), для стабильного экономического периода характерным является распределение этого количества в соотношении приблизительно: в море вдвое больший контингент, чем на берегу, тех, кто ожидает отправки в рейс. По прогнозным данным той же компании, вследствие имеющегося финансово-экономического кризиса, ожидается прямо противоположная пропорция: на берегу вдвое больше моряков, чем на борту судов.

Ключевые слова: функции предпочтений, субъективная энтропия, выбор моряка, крьюинговая компания.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА ГРУППОВЫХ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Коваленко И.И., Швед А.В.,

Николаевский национальный университет им. В.А. Сухомлинского,

Передерий В.И.,

Национальный университет кораблестроения

В статье рассмотрены возможные подходы к построению унифицированных технологий анализа групповых экспертных оценок, в основе которых лежит учет видов задач, типов измерительных шкал и форм представления индивидуальных экспертных оценок. Предложенная структура интегрированной информационной технологии анализа групповых экспертных оценок создает основу для алгоритмизации рассмотренных процедур и включения их в состав универсального программного обеспечения систем поддержки принятия решений в различных предметных областях.

Ключевые слова: информационные технологии, экспертные оценки, системы поддержки принятия решений, экспертные измерения, математические методы поддержки решений.

Постановка проблемы. В настоящее время известны три основных задачи анализа групповых экспертных оценок [6, 8]:

- 1) определение согласованности оценок;
- 2) классификация (кластеризация) оценок в случае отсутствия их согласованности;
- 3) определение обобщенной оценки внутри согласованной группы.

Для решения таких задач существует множество методов получения и анализа экспертных оценок, однако научно обоснованной классификации и унификации таких методов и тем более однозначных рекомендаций по их применению не существует [10]. Данное обстоятельство, по-видимому, прежде всего связано с разноплановостью шкал экспертных измерений и большим числом различных форм представления экспертных оценок (наименования, числа, ранжировки, интервалы, парные сравнения и др.), что и повлекло за собой появление разнообразных методов их анализа. Вторым фактором, который следует учитывать при выборе методом анализа экспертных оценок, является ограниченность числа экспертов n ($n \leq 30$), т.е. выборка их оценок является малой, что делает практически невозможной проверку, например, на нормальное распределение даже с использованием такого мощного непараметрического критерия согласия, каким является критерий Шапиро-Уилка [7, 8]. Учитывая то, что основными методами анализа экспертных оценок являются методы прикладной математической статистики, указанный фактор не позволяет применять параметрические статистические модели. Исходя из вышесказанного, в основу подходов к унификации технологий анализа групповых экспертных оценок должен быть положен учет рассмотренных факторов. Следует отметить, что по поставленной проблеме

практически отсутствуют научные публикации, и сослаться, пожалуй, можно лишь на работу [10], посвященную унификации алгоритмов организации экспертиз.

Целью данной работы является рассмотрения ряда возможных подходов к построению унифицированных технологий анализа групповых экспертных оценок, в основе которых лежит учет видов задач, типов измерительных шкал и форм представления индивидуальных экспертных оценок.

Изложение основного материала. Пусть экспертная группа в составе n экспертов ($\{n_i\}, i=1, \dots, n$) оценивает некоторое множество m объектов O ($\{O_j\}, j=1, \dots, m$), так что результаты можно представить матрицей размерности $n \times m$ вида:

$$(O_{ij}) = \begin{pmatrix} O_{11} & O_{12} & \dots & O_{1m} \\ O_{21} & O_{22} & \dots & O_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ O_{i1} & O_{i2} & \dots & O_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ O_{n1} & O_{n2} & \dots & O_{nm} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где O_{ij} – оценка i -м экспертом j -го объекта. В данной матрице каждая строка содержит оценки какого-либо эксперта по всем объектам, а столбец – оценки всей группы экспертов по одному из объектов.

Рассмотрим процедуру построения технологий анализа экспертных оценок с учетом перечисленных факторов.

1. Технология анализа на основе абсолютной шкалы экспертных измерений

Абсолютная шкала применяется, например, для измерения количества объектов (предметов, событий, и т.п.). Экспертные оценки, полученные в такой шкале представляют собой обычные натуральные числа x , например, в интервале $[0; 100]$, т.е. $x \in [0; 100]$. Тогда схему анализа можно представить в следующем виде:

$$(x_{ij}) = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} \bar{X}_1 \\ \bar{X}_2 \\ \dots \\ \bar{X}_j \\ \dots \\ \bar{X}_m \end{pmatrix} \Rightarrow X_{об.}, \quad (2)$$

где \bar{X}_j – оценка типа «среднее», полученная по j -му столбцу (объекту) всеми экспертами и характеризующая их согласованность; $X_{об.}$ – обобщенная экспертная оценка внутри согласованной группы. Если j -й столбец матрицы (2) представлен однородными и нормально распределенными значениями, то в

качестве оценки \bar{X}_j может быть использовано обычное среднее арифметическое. Однако, как было сказано выше, такая ситуация возможна далеко не всегда. Поэтому в данном случае целесообразно использовать адаптивные оценки робастного статистического оценивания [3, 4, 8]. Основная идея такого оценивания заключается в том, что из сформированного набора оценок типа «среднее» выбирается та, которая соответствует определенным значениям статистик, характеризующих, например, так называемые «хвосты» распределений. Рассмотрим одну из таких процедур, представленную в работе [4]:

$$\bar{X}_j = \begin{cases} x^\circ(0.25), & Q < 2; \\ x(0), & 2 \leq Q \leq 2.6; \\ x(0.1875), & 2.6 < Q \leq 3.2; \\ x(0.375), & Q > 3.2. \end{cases} \quad Q = \frac{U(0.05) - L(0.05)}{U(0.5) - L(0.5)}. \quad (3)$$

Здесь Q – статистика, характеризующая вес «хвостов» распределения; $U(\cdot)$ – среднее $[0.05 \cdot n]$ и $[0.5 \cdot n]$ старших членов вариационного ряда; $L(\cdot)$ – среднее $[0.05 \cdot n]$ и $[0.5 \cdot n]$ младших членов вариационного ряда; $x^\circ(0.25)$ – среднее, построенное по $\alpha_1 n$, $\alpha_1 = 0.25$ старшим и $\alpha_1 n$ младшим значениям вариационного ряда; $x(0)$ – арифметическое среднее; $x(0.1875)$ и $x(0.375)$ – усеченные средние, полученные по усеченному вариационному ряду с уровнями усечения $k_1 = \alpha_2 n$, $\alpha_2 = 0.1875$ и $k_2 = \alpha_3 n$, $\alpha_3 = 0.375$; n – объем вариационного ряда.

Полученные значения Q ($2 \leq Q \leq 2.6$) дает возможность использовать оценку $x(0)$, что и будет означать согласованность экспертных оценок. Остальные оценки $x^\circ(0.25)$, $x(0.1875)$ и $x(0.375)$ говорят о том, что усреднение можно получить только по отдельным совокупностям значений вариационного ряда, полученного по экспертным оценкам. Другими словами, характеризуют их несогласованность, что и приводит к задаче классификации, которая может быть представлена процедурой разбиения вариационного ряда на однородные совокупности следующего вида [5]:

$$X_{(j)} = \begin{cases} (x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(\alpha_1 n)}), (x_{(\alpha_1 n+1)}, x_{(\alpha_1 n+2)}, \dots, x_{(3\alpha_1 n)}), \\ (x_{(3\alpha_1 n+1)}, x_{(3\alpha_1 n+2)}, \dots, x_{(n)}), & Q < 2, \\ (x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(\alpha_2 n)}), (x_{(\alpha_2 n+1)}, x_{(\alpha_2 n+2)}, \dots, x_{(n-3\alpha_2 n)}), \\ (x_{(n-3\alpha_2 n+1)}, x_{(n-3\alpha_2 n+2)}, \dots, x_{(n)}), & 2.6 < Q \leq 3.2, \\ (x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(\alpha_3 n)}), (x_{(\alpha_3 n+1)}, x_{(\alpha_3 n+2)}, \dots, x_{(n-\alpha_3 n)}), \\ (x_{(n-\alpha_3 n+1)}, x_{(n-\alpha_3 n+2)}, \dots, x_{(n)}), & Q > 3.2. \end{cases} \quad (4)$$

Обобщенную оценку внутри согласованной экспертной группы можно получить, используя одну из бутстреп-процедур, например, процедуру «размножения» выборок (*resampling*) [1, 8]. Она состоит из следующих итераций:

В первом случае \bar{R}_j имеет вид:

$$\bar{R}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i.$$

Во втором случае:

$$\bar{R}_j(\text{med}) = \begin{cases} r_{(n+1)/2}, & \text{если } n - \text{нечетное,} \\ [r_{(n/2)} + r_{(1+n/2)}] / 2, & \text{если } n - \text{четное.} \end{cases}$$

Предварительно ранги, составляющие элементы матрицы (6), ранжируются (упорядочиваются) по столбцам в виде:

$$r_{1j} \geq r_{2j} \geq \dots \geq r_{ij} \geq \dots \geq r_{nj}.$$

В конечном итоге $R_{об.}$ может быть представлена двумя видами ранжировок:

- строгой $R_{об.} : r_{1j} \succ r_{2j} \succ \dots \succ r_{ij} \succ \dots \succ r_{nj}$;
- не строгой $R_{об.} : r_{1j} \succ r_{2j} \succ r_{3j} \sim r_{4j} \sim r_{5j} \succ \dots \succ r_{ij} \succ \dots \succ r_{nj}$.

Появление в ранжировках (7) знака говорит о наличии в них кластеров, например, $(r_{3j} \sim r_{4j})$. Тогда вторая ранжировка из (7) может быть представлена так:

$$R_{об.} : r_{1j} \succ r_{2j} \succ (r_{3j}, r_{4j}, r_{5j}) \succ \dots \succ r_{ij} \succ \dots \succ r_{nj}.$$

При наличии, например k , ранжировок вида (7) для построения их обобщенной усредненной оценки может быть использована медиана Кемени [1, 6].

Пусть имеется $R_{об.1}, R_{об.2}, R_{об.3}, \dots, R_{об.k}$, тогда выражение для определения медианы Кемени имеет вид:

$$Arg \min_{R_{об.}} \sum_{i=1}^k D(R_{об.i}, R_{об.}), \quad (8)$$

где $Arg \min$ – то или те значения $R_{об.}$, при которых достигает минимума указанная сумма расстояний (мер близости) D Кемени от ранжировок $R_{об.i}$ до текущей ранжировки $R_{об.}$, по которой и проводится минимизация. Таким образом:

$$\sum_{i=1}^k D(R_{об.i}, R_{об.}) = D(R_{об.1}, R_{об.}) + D(R_{об.2}, R_{об.}) + D(R_{об.3}, R_{об.}) + \dots + D(R_{об.k}, R_{об.}). \quad (9)$$

Следует отметить, что в вычислительном отношении медиана Кемени является достаточно сложной процедурой. В тоже время она позволяет получать единственное корректное результирующее ранжирование.

3. Технология анализа экспертных измерений на основе шкалы отношений

В данной шкале отражаются отношения свойств объектов, т.е. во сколько раз свойство одного объекта превосходит это же свойство другого объекта. Отношения, которые задаются на этой шкале, имеют вид: предпочтения (\succ или \prec) и эквивалентность (\sim). При выполнении экспертных измерений в шкале отношений широкое распространение получила процедура попарного сравнения объектов.

Если, например, имеются два объекта O_1 и O_2 , то при их парном сравнении возможны только три варианта результата: O_1 лучше O_2 ($O_1 \succ O_2$), O_1 хуже O_2 ($O_1 \prec O_2$), O_1 и O_2 равноценны ($O_1 \sim O_2$). Сравнивая попарно все объекты некоторого исходного множества, например $\{O_1, O_2, O_3, O_4\}$, можно получить как строгую ($O_1 \succ O_2, O_2 \succ O_3, O_3 \succ O_4$), так и нестрогую ($O_1 \succ O_2, O_2 \succ O_3, O_3 \sim O_4$) ранжировки. В результате выполнения парных сравнений формируется матрица A_{ij} со свойствами обратной симметричности следующего вида:

$$(A_{ij}) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mm} \end{pmatrix}, \quad (10)$$

где $a_{ij} = 1/a_{ji}$, $i=1, \dots, m$ и $j=1, \dots, m$ относятся соответственно к строке и столбцу, а m – число сравниваемых элементов (объектов); a_{ij} – некоторые положительные числа.

В основе анализа матрицы (10) лежат процедуры нахождения собственных векторов, которые, в свою очередь, используются для определения значений векторов приоритетов (ранжировок). Указанные процедуры могут быть реализованы по следующим схемам:

$$1) \quad (A_{ij}) = \begin{pmatrix} a_{11} + a_{12} + \dots + a_{1m} = A_1 \\ a_{21} + a_{22} + \dots + a_{2m} = A_2 \\ \dots \\ a_{m1} + a_{m2} + \dots + a_{mm} = A_m \end{pmatrix} \Rightarrow \{A = A_1 + A_2 + \dots + A_m\} \Rightarrow \quad (11)$$

$$\Rightarrow \left\{ \frac{A_1}{A} = \omega_1; \frac{A_2}{A} = \omega_2; \dots; \frac{A_m}{A} = \omega_m \right\} \Rightarrow (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)$$

где $(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)$ – вектор приоритетов (ω – весовые коэффициенты).

$$2) \quad (A_{ij}) = \begin{pmatrix} a_{11} + a_{12} + \dots + a_{1m} = B_1 \\ a_{21} + a_{22} + \dots + a_{2m} = B_2 \\ \dots \\ a_{m1} + a_{m2} + \dots + a_{mm} = B_m \end{pmatrix} \Rightarrow \{B^{-1} = B_1^{-1} + B_2^{-1} + \dots + B_m^{-1}\} \Rightarrow \quad (12)$$

$$\Rightarrow \left\{ \frac{B_1^{-1}}{B^{-1}} = \omega_1; \frac{B_2^{-1}}{B^{-1}} = \omega_2; \dots; \frac{B_m^{-1}}{B^{-1}} = \omega_m \right\} \Rightarrow (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)$$

$$3) \quad (A_{ij}) = \begin{pmatrix} \sqrt[m]{a_{11} \cdot a_{12} \cdot \dots \cdot a_{1m}} = d_1 \\ \sqrt[m]{a_{21} \cdot a_{22} \cdot \dots \cdot a_{2m}} = d_2 \\ \dots \\ \sqrt[m]{a_{m1} \cdot a_{m2} \cdot \dots \cdot a_{mm}} = d_m \end{pmatrix} \Rightarrow \{D = d_1 + d_2 + \dots + d_m\} \Rightarrow \quad (13)$$

$$\Rightarrow \left\{ \frac{d_1}{D} = \omega_1; \frac{d_2}{D} = \omega_2; \dots; \frac{d_m}{D} = \omega_m \right\} \Rightarrow (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)$$

Из трех приведенных схем (11), (12), (13) целесообразно использовать третью, так как в ее основе лежит операция определения геометрического среднего наиболее характерная для шкалы отношений [8, 9].

Для определения согласованности элементов вектора приоритетов подсчитывается индекс согласованности (ИС) [9]:

$$ИС = \frac{(\lambda_{\max} - m)}{(m - 1)},$$

где $\lambda_{\max} = \left(\sum_{j=1}^{m1} a_j \right) \cdot \omega_1 + \left(\sum_{j=1}^{m2} a_j \right) \cdot \omega_2 + \dots + \left(\sum_{j=1}^{mm} a_j \right) \cdot \omega_m$ – максимальное собственное число матрицы (10). Кроме этого может быть выполнена проверка на наличие



Рисунок 1 – Структура интегрированной информационной технологии анализа групповых экспертных оценок

транзитивности: если $\omega_1 \succ \omega_2$, $\omega_2 \succ \omega_i$, $\omega_i \succ \omega_m$ то $\omega_1 \succ \omega_m$; если $\omega_1 \sim \omega_2$, $\omega_2 \sim \omega_i$, $\omega_i \sim \omega_m$ то $\omega_1 \sim \omega_m$; если $\omega_1 \succ \omega_2$, $\omega_2 \sim \omega_i$, $\omega_i \succ \omega_m$ то $\omega_1 \succ \omega_m$. Для получения обобщенной оценки согласованного множества векторов приоритетов, как и в предыдущем случае, целесообразно использовать медиану Кемени.

В настоящее время наиболее популярным методом для экспертных измерений в шкале отношений, является метод анализа иерархий [9] и его модификации (мультипликативный метод анализа иерархий, метод анализа иерархий с использованием теории Демпстера-Шейфера и др.).

Все вышеизложенные рассуждения позволили предложить структуру интегрированной информационной технологии анализа групповых экспертных оценок (рис. 1).

Выводы. На современном этапе развития теории экспертных оценок, который характеризуется наличием множеств методов их получения и анализа, можно говорить о постановке и решении задач, направленных на систематизацию и унификацию таких методов. Это создает основу для построения интегрированных информационных технологий, основанных на общности типов задач анализа групповых экспертных оценок, шкал экспертных измерений, математических методах обработки экспертных оценок, форм представления экспертных оценок и других факторов. Такой подход позволит создавать универсальное программное обеспечение систем поддержки принятия решений в различных предметных областях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кемени Дж., Снелл Дж. Кибернетическое моделирование: Некоторые приложения. – М.: Сов. Радио, 1972. – 192 с.
2. Коваленко И.И., Пономаренко Т.В. Анализ согласованности экспертных оценок, представленных результатами попарных сравнений // Сб. науч. трудов НУК. – 2008. – №3. – С. 157-161.
3. Коваленко И.И., Пономаренко Т.В. Анализ подходов к выбору методов обработки экспертных оценок // Сб. науч. трудов ХНТУ. – 2008.
4. Коваленко И.И., Гожий А.П. Нетрадиционные методы статистического анализа данных. – Николаев: Илион, 2006. – 116 с.
5. Коваленко И.И., Швед А.В. Классификация групповых экспертных оценок с применением адаптивных робастных статистических процедур // Системные технологии. – 2010. – №1 (66). – С. 75-83.
6. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2003. – 392 с.
7. Орлов А.И. Экспертные оценки // Заводская лаборатория. – 1996. – Т. 62, №1. – С. 54-60.
8. Орлов А.И. Экспертные оценки. – М.: Изд-во «Экзамен», 2002. – 31 с.
9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

10. Тоценко В.Г. Об унификации алгоритмов организации экспертиз // Системные исследования и информационные технологии. – 2003. – №1. – С. 96-101.

Коваленко І.І., Швед О.В., Передерій В.І. ІНТЕГРОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ГРУПОВИХ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК

У статті розглянуто можливі підходи до побудови уніфікованих технологій аналізу групових експертних оцінок, в основі яких лежить облік видів завдань, типів шкал вимірювання і форм представлення індивідуальних експертних оцінок. Запропонована структура інтегрованої інформаційної технології аналізу групових експертних оцінок створює основу для алгоритмізації розглянутих процедур і включення їх до складу універсального програмного забезпечення систем підтримки прийняття рішень у різних предметних областях.

Ключові слова: інформаційні технології, експертні оцінки, системи підтримки прийняття рішень, експертні вимірювання, математичні методи підтримки рішень.

Kovalenko I.I., Shved A.V., Perederiy V.I. THE INTEGRATED INFORMATION TECHNOLOGY OF THE ANALYSIS OF GROUP EXPERT ESTIMATIONS

Possible approaches to construction of the unified technologies of the analysis of group expert estimations in which basis the account of kinds of problems tasks, types of measuring scales and forms of representation of individual expert estimations are considered in the article. The offered structure of the integrated information technology of the analysis of group expert estimations creates a basis for algorithmization of the considered procedures and their inclusion in structure the universal software of systems of support of decision-making in various subject areas.

Key words: the information technologies, the expert estimations, the systems of support of decision-making, the expert measuring, the mathematic methods of support of decision-making.

ПОЛУЧЕНИЕ НОВОГО РЕШЕНИЯ В СИСТЕМЕ ВЫВОДА ПО ПРЕЦЕДЕНТАМ НА ОСНОВЕ АССОЦИАТИВНЫХ ПРАВИЛ

Соколова Н.А.,

Херсонский национальный технический университет

Щеголькова В.А.,

Шосткинский институт Сумского государственного университета

Рассмотрен подход к построению моделей управления процессом обучения, основанный на методе вывода по прецедентам. Приведены основные этапы цикла управления и предложена реализация этапа адаптации в виде поиска ассоциативных правил. Разработан алгоритм адаптации прецедентов, использующий поиск ассоциативных правил.

Ключевые слова: процесс обучения, компьютеризированный процесс обучения, ассоциативные правила, вывод по прецедентам.

Введение. К известным моделям управления, исторически сложившимся в теории автоматизированного обучения и получившим развитие в современных разработках, можно отнести: программное обучение; управление на основе стереотипов; динамическую разработку стратегий обучения; управление на базе экспертных систем и байесовского вывода; управление на основе теории автоматов с использованием механизмов нечеткой логики; интеллектуальные методы на основе нечеткой логики, нейронных сетей и генетических алгоритмов; управление на основе взаимодействия интеллектуальных агентов [1-7].

Значительный вклад в развитие теории автоматизированного обучения внесли отечественные и зарубежные ученые: Клейман Г.М., Деннинг В., Эссинг Г., Маас С., Новиков В.А., Савельев А.Я., Грищенко В.И., Довгялло А.М., Цыбенко Ю.В., Клейман Г.М., Аванесов В.С. и др.

Однако задача развития методов компьютеризированной информационной поддержки и управления процессом обучения, создания для этих целей моделей применения информационных технологий, специального математического и программного обеспечения для решения широкого круга задач, возникающих в процессе обучения, сохраняет свою актуальность.

Основная часть. В данной работе рассматривается еще один подход к построению моделей управления процессом обучения, основанный на методе вывода по прецедентам [8, 9], который предназначен для принятия решений на основе накопленных знаний о ранее возникавших ситуациях, называемых прецедентами. К преимуществам метода можно отнести самообучаемость, которая обеспечивает автоматическую адаптацию системы к пользователю.

Цикл управления, основанный на прецедентах, состоит из следующих этапов: 1) формальная постановка проблемы; 2) отбор подходящих для текущего случая прецедентов из базы; 3) адаптация выбранного решения для

текущего случая; 4) применение решения; 5) оценка применения; 6) сохранение и добавление текущего случая в базу прецедентов [8, 9].

Данная работа, являясь продолжением [10], кроме формального описания системы управления обучением на основе вывода по прецедентам, предлагает реализацию этапа адаптации в виде алгоритма поиска ассоциативных правил.

Описание прецедента. Прецедентом будем называть описание проблемы или ситуации с подробным указанием действий, принимаемых в данной ситуации или для решения данной проблемы [9]. Объектом управления является обучаемый. Согласно [8, 9] структура прецедента для адаптивного управления включает: 1) состояние объекта управления до воздействия; 2) описание управляющего воздействия; 3) состояние объекта управления после воздействия; 4) исход и его оценку.

Пусть в каждый момент времени, фиксированный системой обучения, объект управления характеризуется вектором $Y(t) = (\overline{x_s})$, где x_s – предметно-зависимые и независимые признаки модели обучаемого, в том числе и текущие результаты обучения. Обозначим $Y(t), Y(t+1)$ – состояния объекта управления до и после сеанса обучения. Управляющее воздействие определим как $U(t) = (\overline{p_k})$, где p_k – значения параметров системы, которые отвечают за установку уровня помощи, полноту и способ изложения материала, отображение на экране и т.д.

Для определения качества обучения выделим критерии оценивания по дисциплине $Q = \{\overline{kr_p}\}$, где kr_p – фиксированные значения простых признаков модели обучаемого или интегральные оценки, выведенные на этих признаках. Они могут быть представлены в виде диапазона или задаваться дискретно. В действительности Q можно считать набором классов, которые покрывают все пространство возможных результатов обучения (альтернатив). Классы следует упорядочить с целью дальнейшего сравнения.

Целью обучения H на каждом этапе является один из классов, входящий в Q .

Под исходом в широком смысле будем понимать набор значений параметров вектора состояния обучаемого, соответствующий одной из альтернатив результатов обучения $IP = (\overline{x_s^\alpha}) \subseteq Y(t)$. В конкретном понимании

определим исход в виде значения аддитивной $I(t) = \sum_{i=1}^s \lambda_i x_i^\alpha$ или

мультипликативной $I(t) = \prod_{i=1}^s \lambda_i x_i^\alpha$ функции полезности, что позволит

сравнивать альтернативы.

Оценка результата обучения – это показатель $O = |H - IP|$, который вычисляется как мера различия между исходом и целью. Определять и интерпретировать такую меру нужно правильно, т.к. могут найтись не только

обучаемые, которые не достигли цели, но и те, которые ее превзошли, т.е. перешли в более высокий класс качества обучения.

Таким образом, прецедент опишем как вектор $PR(t) = (Y(t), U(t), Y(t+1), H, IP, O)$.

Задача управления. На каждом этапе обучения стоит задача нахождения условно-оптимального управления $U^*(t) = (\overline{p_k^*})$ для объекта, находящегося в начальном состоянии $Y(t)$, с целью перевода его в новое состояние $Y^*(t+1)$ с альтернативой $IP^* = (\overline{x_s^\alpha})^*$ так, чтобы $O = |H - IP^*| \rightarrow \min$. Класс H выбирается на каждом этапе в соответствии со стратегией обучения. Если преследуется цель поддержки и без того высокого уровня знаний, то имеет смысл для адаптации отбирать прецеденты из текущего или более высокого класса качества обучения. Если обучаемый успешно прогрессирует, то можно выбрать диапазон классов, которые находятся в зоне ближайшего развития. Для отдельных обучаемых не исключена стратегия удержания нижней границы качества обучения.

Таким образом, целью управления является достижение оптимального поведения обучаемого, выражающегося в виде последовательности определенных классов состояний. Задача управления состоит в том, чтобы найти алгоритм (адаптивный регулятор), который обеспечит достижение цели за конечное число управляющих воздействий. В соответствии со схемой вывода по прецедентам данный алгоритм реализуется с помощью этапов отбора и адаптации (рис. 1).

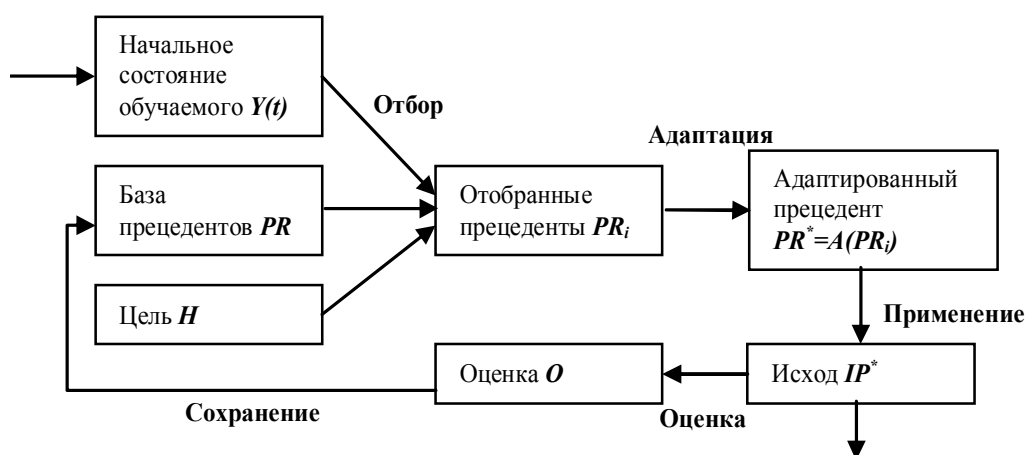


Рисунок 1 – Схема вывода на основе прецедентов в системе обучения

Определение адаптации. Адаптация – это модификация имеющегося решения с целью его оптимизации для применения в текущей ситуации. Различают адаптацию замещения и адаптацию преобразования. Первая повторно подтверждает некоторую часть отыскиваемого решения, вторая – изменяет его структуру [11]. К известным методам адаптации, применяемым в системах вывода по прецедентам, относятся: 1) корректировка или интерполяции признаков в имеющемся решении; 2) использование

алгоритмов, виробляючих нове рішення; 3) адаптація, оснований на моделях; 4) еволюційні методи [12].

В даній роботі пропонується використовувати підхід, що застосовує асоціативні правила. В базі прецедентів розшуваються закономірності, що зв'язують входні і вихідні параметри, схожі з заданими. Закономірності фіксуються в формі правил, які змінюють набір і значення призначуваних параметрів системи, визначаючи тим самим адаптацію заміщення і перетворення.

Рішення задачі пошуку асоціативних правил. Нехай на етапі відбору прецедентів з бази отримано початкове підмножина, яку в подальшому будемо називати множиною транзакцій (кортежів)

$$PR = \{(x_1, x_2, \dots, x_n, p_1, p_2, \dots, p_m, Q_h)\},$$

де (x_1, x_2, \dots, x_n) – ознаки навчального,

(p_1, p_2, \dots, p_m) – призначувані параметри середовища навчання,

Q_h – клас, до якого відноситься стан навчального після сеансу навчання, $\{Q_h\} = Q$.

Асоціативним правилом будемо називати імплікацію $M \Rightarrow N$, де M є проекцією кортежа з множини PR на деякі осі, що відповідають ознакам навчального (x_1, x_2, \dots, x_n) і вісь, що відповідає класу Q_h ; N – проекція на осі, які відповідають призначуваним параметрам середовища навчання (p_1, p_2, \dots, p_m) . M, N повинні в обов'язковому порядку містити хоча б по одному елементу, причому в M повинен бути присутній клас Q_h . Таким чином, кожному правилу $M \Rightarrow N$ можна поставити в відповідність кортеж, що є зв'язком проекцій M і N , де елементи з M розташовані на першому місці, а елементи з N на другому. Позначимо його $M \times N$. Правило $M \Rightarrow N$ має підтримку s , якщо s відсотків транзакцій з множини PR містять $M \times N$ на відповідних осях.

Більшість відомих алгоритмів пошуку асоціативних правил зіткнулися з проблемою алгоритмічної складності, тобто з ростом числа елементів в транзакціях експоненціально зростає число їх потенціальних наборів. [13] Для зменшення розмірності простору пошуку зазвичай використовують властивість антимонотонності: підтримка будь-якого набору елементів не може перевищувати мінімальну підтримку будь-якого з його підмножин. На кожному етапі формування наборів відкидаються ті, для яких відомо, що підтримка хоча б одного з їх підмножин не досягає заданого порогу. В даній роботі проблема вирішується іншим способом. Це можливо завдяки специфіці задачі. По-перше, дані для пошуку попередньо відбираються, тому кількість транзакцій вихідно невелика. По-друге, заздалегідь відомі входні і вихідні змінні, що дозволяє забезпечити однонаправленість пошуку.

Алгоритм поиска ассоциативных правил. Ниже представлен алгоритм поиска ассоциативных правил, работающий на отобранном множестве транзакций (рис. 2).

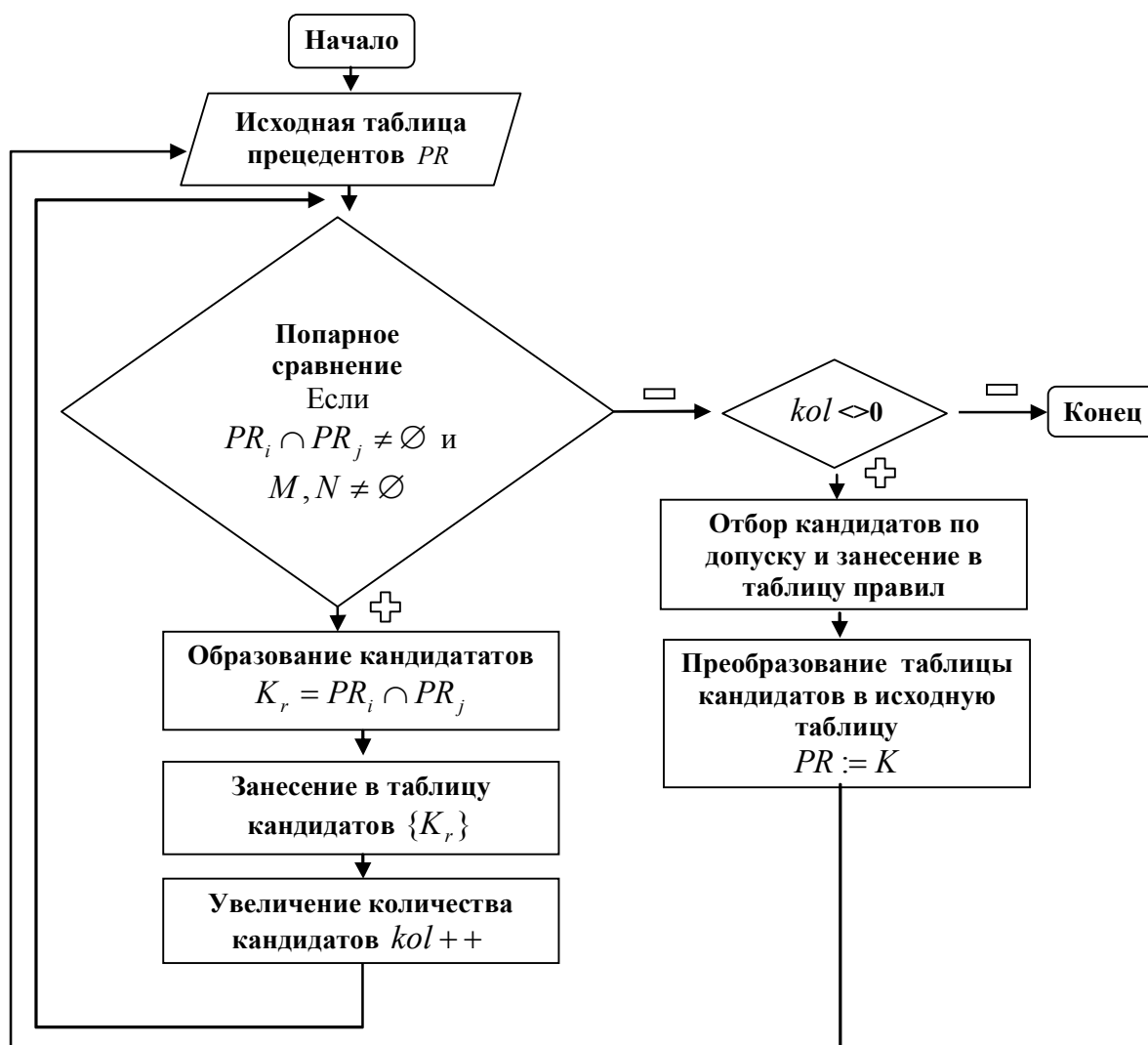


Рисунок 2 – Алгоритм поиска ассоциативных правил

В процессе работы алгоритма выполняется сравнение полных транзакций в исходном массиве. Если пара транзакций имеет общую часть, которая включает в себя хотя бы класс состояния обучаемого после сеанса обучения и назначаемые параметры среды, то из нее получим новую транзакцию, являющуюся кандидатом в правила. Если кандидат имеет заданную поддержку (допуск), он называется правилом и заносится в массив результатов. Массив кандидатов становится исходным массивом, и поиск правил продолжается циклически. Правила формируются по нисходящей – от полной транзакции к отдельным признакам, и при этом по возрастающей последовательности поддержки. Алгоритм заканчивает работу, если в очередной таблице не найдется ни одного нового кандидата. Чтобы назначить параметры для обучения, необходимо в таблице результатов найти

для каждого признака значение с максимальным числом поддержки для содержащего его правила.

Реализация алгоритма. Пусть имеется база прецедентов вида $PR(t) = (Y(t), U(t), Y(t+1), H, IP, O)$. Текущее состояние обучаемого задано вектором $Y(t) = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ и поставлена цель достигнуть состояния Q_h . В качестве исходных признаков (x_1, x_2, \dots, x_n) выберем начальный уровень подготовленности к обучению, умственные способности, творческие способности, уровень подготовки обучаемого для работы с системой и другие характеристики, определенные в результате психолого-педагогического тестирования. Чтобы сократить количество входных признаков, используем метод главных компонент, получив при этом $Comp_1, Comp_2, Comp_3$, и вычислим стереотип обучаемого $Ster$ [14]. Для компонент определим следующие значения лингвистических переменных: n – низкий, ns – ниже среднего, s – средний, vs – выше среднего, v – высокий, а стереотип зададим классами 1, 2, 3, 4.

К текущим результатам обучения отнесем $K = \{K_i\}$ – уровень знаний концептов предметной области и $Er = \{er_q\}$ – типы ошибок, сделанные на предыдущих этапах обучения. В данном примере ограничим их количество интегрированным параметром K и тремя типами ошибок Er_1, Er_2, Er_3 . Знания концептов также могут быть описаны значениями n, ns, s, vs, v , а типы ошибок закодируем: 1 – ошибка сделана, 0 – ошибка отсутствует. Таким образом, вектор состояния обучаемого для данного примера будет выглядеть $Y(t) = (S, Comp_1, Comp_2, Comp_3, K, Er_1, Er_2, Er_3)$.

Обозначим $P_k(t)$ – назначаемые параметры системы. К ним отнесем:

– включение дополнительных разделов предметной области $PDO = \{0, 1, 2\}$ (0 – выключен, 1 – включена ссылка, 2 – включен в текст урока);

– степень изложения материала $Plsl = \{0, 1, 2, 3\}$ (0 – минимально необходимое, 1 – с объяснениями, 2 – с обоснованиями, 3 – с дополнительным материалом);

– уровень абстрактности $PA = \{1, 2, 3\}$ (1 – теоретический, 2 – теоретико-практический, 3 – практический);

– метод изложения материала $PM = \{0, 1, 2, 3\}$;

– поддержка $PP = \{0, 1, 2, 3\}$ (0 – интерактивная помощь, 1 – помощь по вызову, 2 – помощь в виде ссылок, 3 – отсутствие помощи);

– поддержка творческих способностей $PT = \{0, 1, 2\}$ (0 – отсутствует, 1 – развитие способностей, 2 – полная поддержка творчества);

– поддержка забывания $PZ = \{0, 1, 2\}$ (0 – отсутствует, 1 – частичная, 2 – полная);

– контроль утомляемости $PU = \{0, 1\}$ (0 – отсутствует, 1 – присутствует);

– наработка навыков $PN = \{0, 1, 2\}$ (0 – отсутствует, 1 – стандартная, 2 – повышенная).

Требуется по исходным данным назначить параметры системы обучения.

Пусть новая проблема определена следующим образом (табл. 1).

Таблица 1 – Описание текущей ситуации

<i>Ster</i>	<i>Comp1</i>	<i>Comp2</i>	<i>Comp3</i>	<i>K</i>	<i>Er1</i>	<i>Er2</i>	<i>Er3</i>	Q_h
1	vs	vs	s	vs	1	0	0	≤ 2

В соответствии циклом управления по прецедентам выполним отбор случаев, наиболее сходных с заданной ситуацией. Воспользуемся методом отбора на основе запросов и частичных порядков [15]. В результате получим исходное множество транзакций PR (рис. 3).

Npr	Nuch	Ster	Comp1	Comp2	Comp3	Kdo	Er1do	Er2do	Er3do	PDO	Plsl	PA	PM	PP	PT	PZ	PU	PN	RRReal
67	13	1	vs	vs	n	vs	1	0	0	0	0	0	0	1	1	3	1	2	1
74	15	1	v	vs	s	vs	1	0	0	1	0	0	0	1	1	3	0	2	2
75	15	1	v	vs	s	vs	1	0	0	0	1	0	0	1	1	3	0	2	2
80	16	1	vs	v	s	vs	1	0	0	1	0	0	0	1	1	3	1	3	2
81	16	1	vs	v	s	vs	1	0	0	0	0	0	0	1	1	3	1	3	1
88	17	1	v	vs	s	vs	1	0	0	0	1	0	0	1	1	3	1	3	2
101	20	1	v	vs	s	vs	1	0	0	0	0	0	0	1	1	3	1	3	1
226	44	1	vs	vs	n	vs	1	0	0	0	0	0	0	1	1	3	1	2	2

Рисунок 3 – Фрагмент результатов работы программы по отбору прецедентов

Если база прецедентов недостаточно полная, то запрос ограничится только стереотипом и желаемыми результатами обучения, без учета индивидуальных характеристик обучаемого. В этом случае будем иметь дело со стереотипным подходом. В процессе обучения база прецедентов будет наполняться, и накапливать опыт. Таким образом, адаптация на основе ассоциативных правил позволит уточнить и индивидуализировать процесс обучения.

Найдем ассоциативные правила при поддержке 0,7 (табл. 2). Высокий уровень обусловлен тем, что прецеденты были специальным образом отобраны.

Правила легко записать в виде «если, то». Например, для первой строки: *если $K=vs$ и $Er1=1$ и $Er2=0$ и $Er3=0$, то $Plsl=0$, $PA=0$, $PM=0$, $PP=1$, $PT=1$, $PZ=3$* . Т.к. все правила имеют высокое значение поддержки, каждое из них имеет право назначить параметры системы. Поэтому сделаем обобщение по принципу максимальной поддержки и назначим параметры обучения (табл. 3).

Таблица 2 – Ассоциативные правила, полученные при уровне поддержки 0,7

Поддержка	Comp1	Comp2	Comp3	K	Er1	Er2	Er3	PDO	Plsl	PA	PM	PP	PT	PZ	PU	PN
0,75	-	-	-	vs	1	0	0	-	0	0	0	1	1	3	-	-
0,75	-	-	-	vs	1	0	0	-	-	0	0	1	1	3	-	-
1	-	-	-	vs	1	0	0	-	-	0	0	1	1	3	-	-
0,75	-	vs	-	vs	1	0	0	-	-	0	0	1	1	3	-	-
0,75	-	-	-	vs	1	0	0	-	-	0	0	1	1	3	1	-
0,75	-	-	s	vs	1	0	0	-	-	0	0	1	1	3	-	-
0,75	-	-	-	vs	1	0	0	0	-	0	0	1	1	3	-	-

Таблица 3 – Значения параметров для системы обучения

PDO	Plsl	PA	PM	PP	PT	PZ	PU	PN
0	0	0	0	1	1	3	1	-

При понижении уровня поддержки, может быть определено большее количество параметров, но при этом точность понижается.

Выводы. Для адаптации предлагается использовать подход, основанный на поиске ассоциативных правил. Он использует как адаптацию замещения, так и адаптацию преобразования. Для реализации метода предложен алгоритм, который строит правила без полного перебора признаков. Вместо этого производится полный перебор транзакций, что само по себе уменьшает размерность пространства поиска. Уменьшить размерность позволяет также предварительный отбор прецедентов перед выполнением алгоритма. В результате получаем правила, удовлетворяющие заданной поддержке. Применяя их, можно назначить параметры системы, которые являются общими для отобранных транзакций. Для уточнения параметров, значения которых не определены, можно использовать следующие меры: 1) снизить уровень поддержки; 2) расширить пространство поиска до стереотипа и требуемого класса успеваемости; 3) использовать эвристики; 4) оставить неопределенными.

В будущих исследованиях предполагается работа по поиску особых закономерностей, прогнозирование результатов обучения, а также поддержка эффективной самообучаемости системы за счет введения понятия компетентности базы прецедентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цибульский Г.М., Герасимова Е.И., Ерошин В.В. Модели обучения автоматизированных обучающих систем // Системотехника / Сетевой электронный научный журнал. – 2004. – № 2. – Режим доступа к журн.:

- <http://systech.miem.edu.ru/2004/n2/Cibulskiy.htm>.
2. Петрушин В.А. Экспертно-обучающие системы. – Киев: Наукова думка. – 1992. – 196 с.
 3. Буль Е.Е. Обзор моделей студента для компьютерных систем обучения // *Educational Technology & Society*. – 2003. – № 6(4). – С. 245-250.
 4. Пустынникова И.Н. Технология использования экспертных систем для диагностики знаний и умений // *Educational Technology & Society*. – 2001. – № 4(4). – С. 77-101.
 5. Астанин С.В. Сопровождение процесса обучения на основе нечеткого моделирования // *Открытое образование*. – 2000. – № 5. – С. 27-32.
 6. Глибовец Н.Н. Использование JADE для разработки компьютерных систем поддержки дистанционного обучения агентного типа // *Educational Technology & Society*. – 2005. – № 8(3). – С. 325-345.
 7. Gavrilova T., Voinov A., Lescheva I. Learner-model Approach to Multi-agent Intelligent Distance Learning System for Program Testing // 11 Int. conf. on Industrial & Engineering Applications of Artificial Intelligence & Expert Systems AIE/IEA. – Cairo, Egypt. – 1999. – P. 98-102.
 8. Карпов Л. Е., Юдин В. Н. Методы добычи данных при построении локальной метрики в системах вывода по прецедентам // Институт Системного Программирования РАН. – М.: Препринт. – 2006. – № 18. – Режим доступа к журн.:
http://sitforum.ru/consulting/BI/data_mining/.
 9. Карпов Л.Е., Юдин В.Н. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов // Труды ИСП РАН. – М.: ИСП РАН. – 2007. – Режим доступа к журн.:
<http://www.citforum.ru/consulting/BI/karpov/>.
 10. Щеголькова В.А. Схема адаптивного обучения по прецедентам : материалы IX международной науч. конференции им. Т.А. Таран [«ИАИ-2009»], (Киев, 19-22 мая 2009 г.). – С. 446-450.
 11. López de Mántaras R., McSherry D., Bridge D., Leake D., Smyth B. Retrieval, reuse, revision and retention in case-based reasoning // *The Knowledge Engineering Review*. Cambridge University Press: Cambridge. – 2006. – P. 215-240.
 12. Aamodt A., Plaza E. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches // *AI Communications*. – IOS Press. – Vol. 7:1. – 1994. – P. 39-59.
 13. Чубукова И.А. Data Mining: учебное пособие / Чубукова И.А. – М.: Интернет-университет информационных технологий: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2006. – 382 с.
 14. Щеголькова В.А. Моделирование обучаемого на основе методов интеллектуального анализа данных: материалы X Международной научно-технической конференции [«Системный анализ и информационные технологии»], (20-24 мая 2008 г., Киев). – К.: НТУУ КПИ. – 2008. – С. 274.

15. Щеголькова В.А. Отбор прецедентов в адаптивной системе обучения: матеріали доповідей конференції [«Сучасна інформаційна Україна: інформатика, економіка, філософія»], (Донецьк, 14-15 травня 2009 року). – Т. 1. – 2009. – С. 130-134.

Соколова Н.А., Щеголькова В.А. ОТРИМАННЯ НОВОГО РІШЕННЯ У СИСТЕМІ ВИВОДУ ПО ПРЕЦЕДЕНТАХ НА ОСНОВІ АСОЦІАТИВНИХ ПРАВИЛ

Розглянуто підхід до побудови моделей управління процесом навчання, який ґрунтується на методі виведення за прецедентами. Наведено основні етапи циклу управління та запропоновано реалізацію етапу адаптації у вигляді пошуку асоціативних правил. Розроблено алгоритм адаптації прецедентів, який використовує пошук асоціативних правил.

Ключові слова: процес навчання, комп'ютеризований процес навчання, асоціативні правила, вивід по прецедентах.

Sokolova N.A., Shchegolkova V.A. RECEIVING OF NEW SOLUTION IN THE SYSTEM OF CONCLUSION ON PRECEDENTS ON THE BASIS OF ASSOCIATIVE RULES

The approach to the design of management models for a process of training that is based on the method of conclusion on some precedents is considered. The main stages of management cycle are presented and the implementation of the adaptation stage in the form of a search for associative rules is proposed. An adaptation algorithm for precedents is designed that uses the search of associative rules.

Key words: training process, computerized process of training, associative rules, a conclusion on precedents.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ СУДОРЕМОНТНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Терещенкова О.В.,

Херсонский государственный морской институт

В статье рассмотрены проблемы комплексной автоматизации процесса судоремонта. Предложена бизнес-модель управления производством. Разработана структура автоматизированной информационной системы для управления бизнес-процессами на судоремонтном предприятии.

Ключевые слова: процесс судоремонта, автоматизированная информационная система, управление судоремонтом, система поддержки принятия решений.

Введение. Основой для разработки и принятия управленческих решений в судоремонте является достоверная информация о состоянии выполняемых ремонтных заказов. Практика управления судоремонтным процессом показывает, что эффективность и качество их выполнения резко снижается в условиях отсутствия постоянного мониторинга и контроля за ходом работ. Решение задачи эффективного управления судоремонтным предприятием может быть достигнуто путем внедрения на предприятии единой информационной системы управления производством с функцией поддержки и принятия решений руководителем. Цель данной статьи – показать место и эффективность системы поддержки принятия решений на судоремонтном предприятии для принятия управленческих решений.

Актуальность. Анализ существующих информационных систем управления судоремонтными предприятиями, показывает, что текущее состояние работ в данной предметной области представлено двумя основными направлениями: разработка специализированных систем управления судоремонтом и адаптация имеющихся широкопрофильных программных продуктов к потребностям отрасли.

В своем большинстве специализированные системы используются на судоремонтных предприятиях России и в нашей стране пока не нашли применения, что обусловлено их достаточно высокой стоимостью, сложностью технического сопровождения и обслуживания, а также привязкой функциональных возможностей к конкретным типам судоремонта.

Особенностью систем с модулем СППР является учет специфики судоремонтного процесса и возникающих при этом факторов неопределенности: погодные условия, неопределенности в техсостоянии судна на момент прихода в ремонт, качество закупаемых материалов, сроки финансирования, параллельность выполнения заказов, что позволяет руководителю предприятия принимать правильные решения.

Вопросы разработки СППР до сих пор являются одними из наиболее обсуждаемыми и актуальными [3-5], что связано со все более возрастающей ролью квалифицированно принятых решений в процессе оптимального

управління, з одної сторони, і недостатньо розвитими, реалізованими на сьогоднішній день, СППР, з другої сторони.

Основная часть. Имеющийся опыт использования автоматизированных систем на производственных предприятиях показывает, что при проектировании систем автоматизации производства для эффективного управления, необходимо учитывать следующие специфические особенности производства:

- количество заказов, планируемое обработать предприятием в течение года (квартала, месяца);
- планируемые сроки постановки судна в ремонт и окончания ремонта;
- сметная стоимость каждого заказа;
- планируемый бюджет на год (по конкретному заказу) (для судов, стоящих на балансе предприятия);
- привлекаемые контрагенты;
- имеющиеся трудовые и производственные ресурсы предприятия.

Информационные системы управления производственными предприятиями должны учитывать следующие параметры:

- параллельное планирование нескольких работ и гибкое распределение заказов и ресурсов между ними согласно приоритетам с оптимизацией по динамически определяемым многопараметрическим правилам;
- планирование с учетом финансовых затрат и их минимизации;
- определение технологических ограничений при планировании и допускаемых отступлений от них, что позволяет рассматривать оптимизацию полного объема операций как процесс поиска варианта с минимальными отклонениями этих ограничений;
- определение «узких» мест производства и выявление проблемных ситуаций при планировании с возможностью использования интеллектуальных алгоритмов и механизмов быстрого получения детализированной информации.

Следует отметить, что все перечисленные выше задачи являются взаимосвязанными и относятся к дискретным задачам управления в условиях неопределенности и имеют ряд особенностей, позволяющих эффективно объединить средства их решения в единой оболочке интегрированной информационной системы управления, которую можно представить в виде схемы (рис. 1).

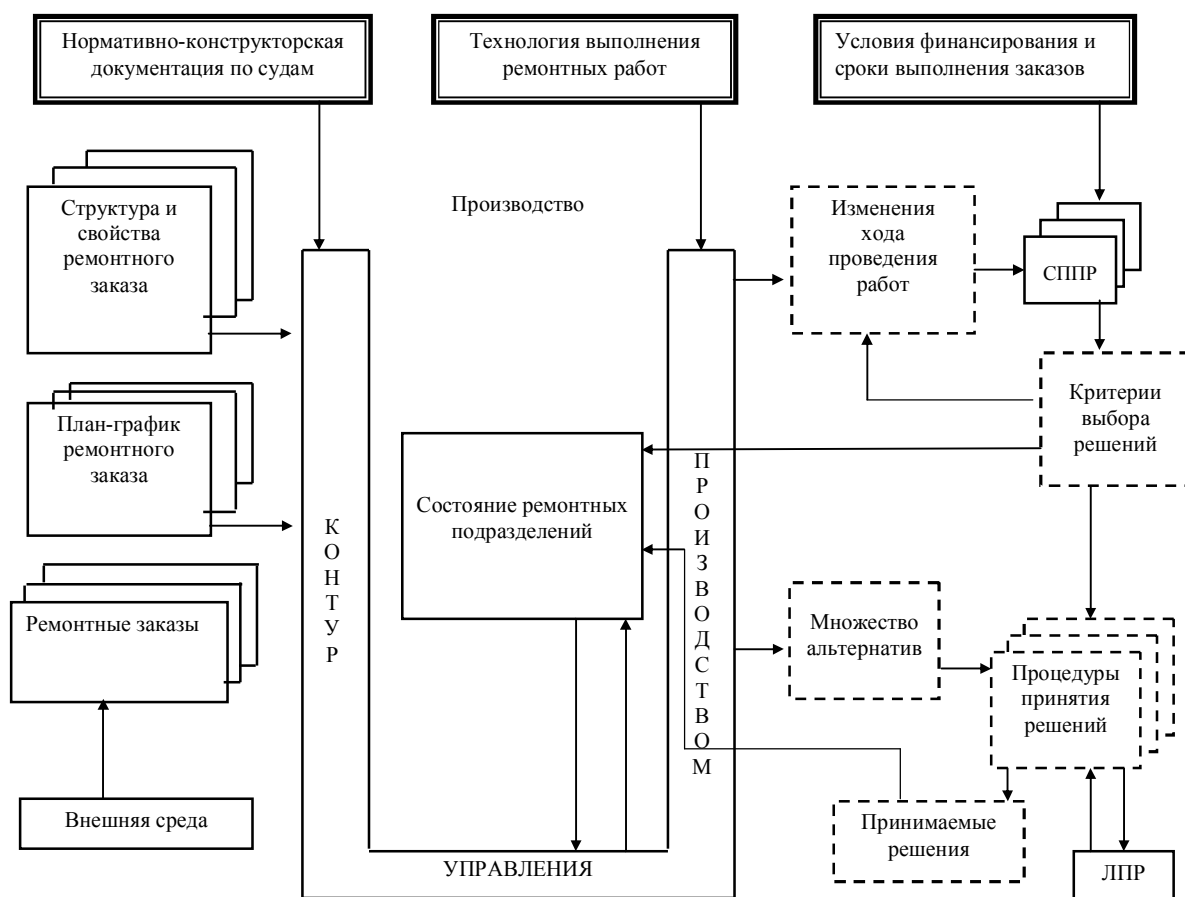


Рисунок 1 – Использование СППР в процессе управления производством

Центральным звеном комплекса является управляющая система, состоящая из состояния ремонтных подразделений и процедур выработки управленческих решений. Действия этих процедур определяются содержимым баз знаний о нормативно-конструкторской документации по судам, технологии выполнения ремонтных работ, условиями финансирования и сроками выполнения заказов, а также моделью, описывающей заданную целевую траекторию управляемого комплекса заказов в пространстве состояний.

В рамках имеющейся модели процесса управления руководитель самостоятельно принимает решения по оптимизации обнаруживаемых отклонений от целевой траектории и формирует управляющие воздействия, переводящие заказы в очередные целевые состояния. При невозможности достижения целевых состояний собственными средствами, руководитель обращается к СППР с требованиями разобраться в ситуации и выдать возможное множество альтернативных решений.

Используя современные методы обработки и интеллектуального анализа данных, спроектируем компьютерную подсистему, которая будет оперативно реагировать на изменение обстановки в производстве (поломка оборудования, нехватка материала, непредвиденная работа), вследствие

чего изменять (создавать) план-график, который будет оптимальным в данной ситуации.

Это позволяет быстро и эффективно решать задачи оперативно-производственного планирования. Модуль принятия решений сокращает затраты материальных и временных ресурсов на выполнение планирования производственного процесса, повышает качество обработки информации и качество результата обработки, исключив ошибки, связанные с человеческим фактором.

В процессе принятия решений система управления оперирует ресурсами, обеспечивающими реализацию выбранных управляющих воздействий.

Созданная СППР управления судоремонтным процессом включает в себя следующие основные положения:

1. Задача принятия решения в судоремонтной области рассматривается как трудноформализуемая задача, не имеющая формальных алгоритмов решения, характеризующаяся неполнотой и нечеткостью исходной информации и характеристик достигаемых целей. Для повышения объективности выбора альтернатив на всех этапах принятия решений получаем количественное выражение таких категорий, как «предпочтительность», «важность», «желательность» и т.п., что позволяет создать эффективную СППР, предлагающую взвешенные решения на основе широкого спектра нечеткой исходной информации и гибкого механизма логического вывода.

2. Для построения модуля СППР использовался метод анализа иерархий (МАИ).

Структуру формирования управленческого решения представим в виде схемы (рис. 2).

Из структурной схемы системы видно, что она включает несколько математических моделей, связанных между собой общим алгоритмом.

Блок критериев и ограничений включает в себя набор критериев, которые необходимо учитывать при формировании заказов предприятия для равномерной загрузки и соблюдения планов:

1. Максимизация использования производственных мощностей
2. Соблюдение технологических последовательностей выполнения работ
3. Минимизация отклонений от ремонтного графика
4. Максимизация прибыли от выполнения заказа
5. Минимизация расхода ресурсов

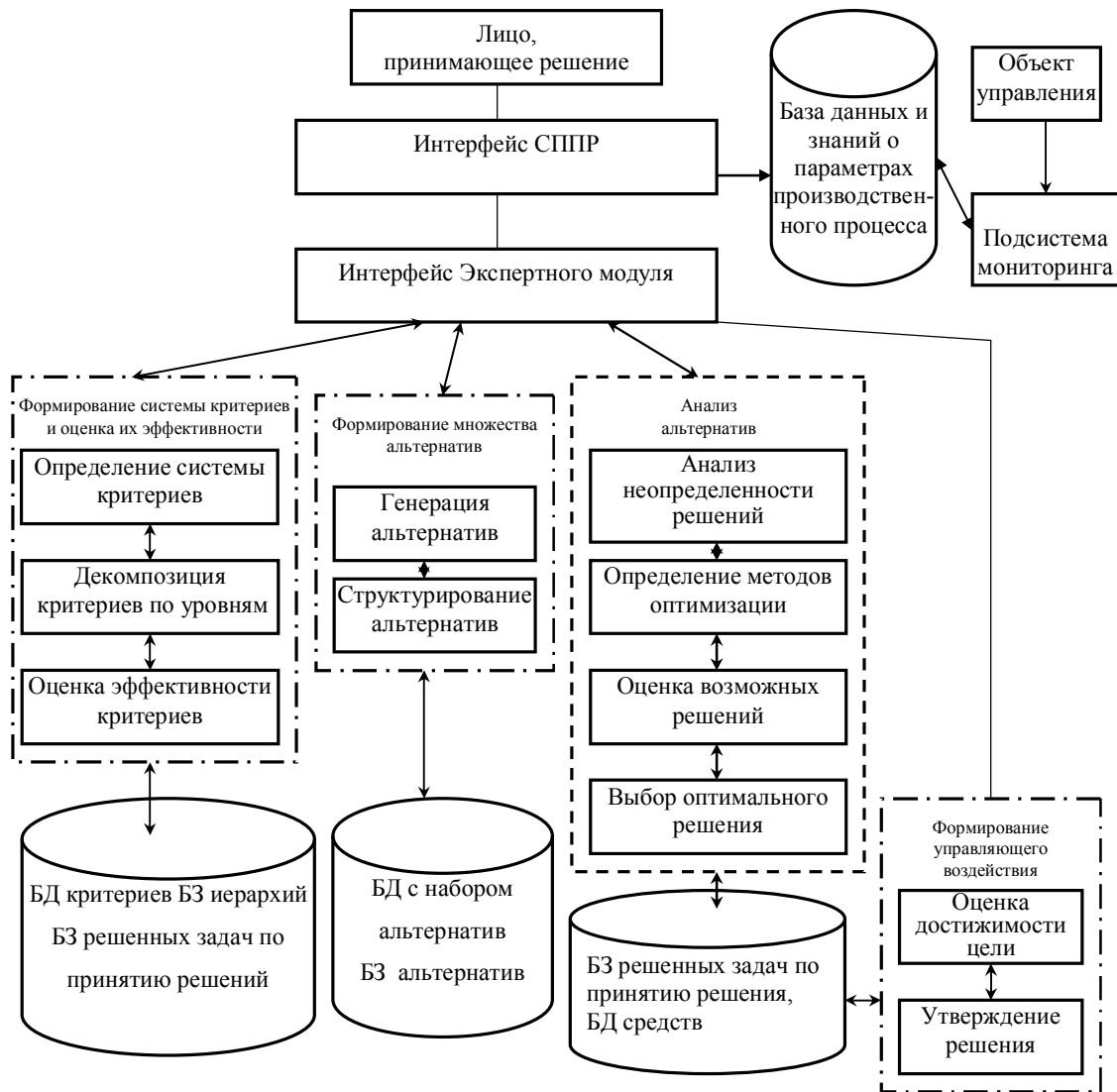


Рисунок 2 – Уровни функций поддержки принятия решений в процессе управления производством

А также набор ограничений, связанных со спецификой работы предприятия:

1. Ограничения на ресурсы, которые используются на работах ремонтных заказов, определяются функцией наличия ресурсов. Тогда ограничения на распределение ресурсов по работам заказов имеет вид:

$$\sum_{i=1}^k u_i(t) \leq N(t), \text{ где } u_i(t) - \text{количество ресурса на заказе } i, k - \text{число заказов}$$

2. Временные ограничения определяются функцией наличия отклонений по срокам окончания ремонтного заказа:

$$\sum_{i=1}^k f(Do_i - Dz_i) \Rightarrow \min$$

3. Ограничение на объемы финансирования:

$$\sum_{i=1}^k f_i(t) \leq F, \text{ где } f_i(t) - \text{затраты на заказе } i, k - \text{число заказов } F - \text{финансирование предприятия}$$

4. Технологические ограничения определяются функцией технологических переходов:

$$R = \begin{cases} 1, & \text{если соблюдаются технологические требования} \\ 0, & \text{если не соблюдаются} \end{cases}$$

Они сохраняются в базе знаний и могут накапливаться по необходимости.

Блок генерации альтернатив содержит множество полученных альтернатив, которые необходимо оценивать относительно описанных критериев при соблюдении наложенных ограничений. Они структурируются по управленческим уровням и сохраняются в базе знаний, и при необходимости могут быть рассмотрены повторно. В общем случае полученные альтернативны представляются в виде следующего множества:

$$D = \{x | g_k(x) \geq 0, k = \overline{1, K}\}$$

Для оценки относительной важности одной из альтернатив $x^k \in D$ по сравнению с другими допустимыми $x^l \in D$ на основе имеющихся критериев получим частный критерий оптимальности $Q_i(x), i = \overline{1, N}$ который позволяет считать, что альтернатива x^k не менее предпочтительна, чем альтернатива x^l , если выполняется соотношение:

$$x^k \succ x^l \Leftrightarrow Q_i(x^k) \leq Q_i(x^l)$$

где $Q_i(x)$ – численная оценка альтернативы x в соответствии с частным критерием оптимальности Q_i , измеренным в некоторой шкале $A(Q_i)$ – множестве числовых значений [1].

Блок анализа альтернатив отвечает за принятия решений из выбранных альтернатив и анализа необходимых мероприятий по выбранному решению. Все это также заносится в базу знаний, к которой система может обратиться в любой момент.

Блок формирования управляющего воздействия состоит из оценки достижения цели, в которую входит перепланирование ремонтных заказов на основе принятого решения.

Таким образом, при построении информационной системы управления производством необходимо не только правильно построить модель системы управления, но и выбрать программное обеспечение, на базе которого эта система будет реализована. Эти две взаимосвязанные задачи должны решаться одновременно IT-специалистами высокого уровня, что обеспечит в конечном счете успех в построении эффективной системы управления производством. Эффективная реализация математических моделей, объединенных общим алгоритмом, возможна только в рамках единой информационной системы.

Выводы. Используя СППР руководителя, полученные массивы информации значительно сократят затраты при составлении производственного плана, что позволит оптимизировать производство за счет качественно принятых решений.

Созданная система представляет собой мощный и гибкий инструмент, позволяющий эффективно отслеживать производственный процесс в целом, осуществлять мониторинг его наиболее критических показателей, что дает возможность анализировать успешность осуществления ремонтных работ, и при необходимости осуществлять их корректировку. Это позволит упорядочить ведение документации, связанной с заказом на ремонт судна, точнее планировать сроки поставок материалов и ремонтных работ, что окажет положительное влияние на прозрачность в управлении производственным процессом и повысит оперативность решения возникающих вопросов. Работа СППР с единой базой данных информационных систем завода существенно сокращает временные затраты на формирование ремонтных заказов и проведение взаиморасчетов по ним.

Такой подход к проблеме позволит поднять конкурентоспособность предприятия в своем сегменте рынка и задействовать новые инвестиции на модернизацию и расширение производственных мощностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять организациями. – М.: Синтег, 2003.
2. Воронин А.А., Мишин С.П. Оптимальные иерархические структуры. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 210 с.
3. Юсупов Н.Ю. Автоматизированные системы принятия решений. – М.: Наука, 1983. – 88 с.
4. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений: Научно-практическое издание. Сер. Информатизация России на пороге XXI века. – М.: СИНТЕГ, 1998. – 378 с.
5. Хаджинов В.В., Быков В.А., Храмов И.А., Усачев В.Г., АН Украины. Ин-т пробл. регистрации информ. – Киев: Наукова думка, 1993. – 138 с.

Терещенкова О.В. ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УПРАВЛІННІ СУДНОРЕМОНТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

У статті розглянуто проблеми комплексної автоматизації процесу судноремонту. Запропоновано бізнес-модель управління виробництвом. Розроблено структуру автоматизованої інформаційної системи для управління бізнес-процесами на судноремонтному підприємстві.

Ключові слова: процес судноремонту, автоматизована інформаційна система, управління судноремонтом, система підтримки прийняття рішень.

Tereschenkova O.V. USE OF DECISION SUPPORT SYSTEMS IN MANAGEMENT SHIPREPAIRERS

In the article the problem of complex automation of ship repair. A business model of production control. The structure of the automated information system for business process management at Shiprepairers.

Key words: the ship repair, the automated information system, management of ship repair, the system of support of decision-making.

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ РЕГИОНА В ТРУДОВЫХ РЕСУРСАХ

Ходаков Д.В.,

Херсонский государственный морской институт

Нятина Н.Л.,

Херсонский национальный технический университет

Изложен один из подходов планирования региональных трудовых ресурсов. Дано описание использования подхода для прогнозирования потребности региона в трудовых ресурсах. Прогноз предполагает постепенное увеличение потребности региона в трудовых ресурсах после кризиса.

Ключевые слова: регион, трудовые ресурсы, планирование, прогнозирование, потребность региона.

Введение. Регион, как сложная социально-экономическая система, стремится к постоянному развитию, а это возможно только при наличии стратегии развития и различного рода ресурсов. Одним из важнейших видов ресурсов являются трудовые ресурсы – кадровый потенциал, который определяется рынком труда.

Потребность региона в трудовых ресурсах характеризует состояния рынка труда. В случае слабой емкости рынка труда могут приниматься решения о привлечении в регион дополнительных трудовых ресурсов. Принятие управленческих решений по привлечению в регион дополнительной рабочей силы возможно только при условии знания текущего уровня потребности в кадрах и уровня планируемого развития. При определении потребности в трудовых ресурсах нужно учитывать как количественную, так и качественную сторону задачи, прежде всего, с точки зрения требований к уровню профессиональной подготовки профессии или специальности претендента на рабочее место.

Несмотря на достаточное количество публикаций и важность темы вопросы прогнозирования кадрового потенциала для регионов освещены недостаточно и требуют дополнительного исследования [1-3]. В подавляющем большинстве публикации посвящены исследованию кадрового потенциала предприятий, фирм и т.п.

Целью настоящей работы является использование подхода планирования потребностей региона в трудовых ресурсах для прогнозирования и стратегии развития региона.

Основное содержание. Рассмотрим потребность региона в трудовых ресурсах для рынка труда одной из областей до 2015 года и структуру потребностей, показывающую количество необходимых работников с определенным уровнем образования.

Обычно при построении прогнозов используют комбинированные подходы и методы, основанные на применении как математических моделей,

так и экспертных оценок. Используем подход, при котором построение прогноза потребности региона в кадрах решается в два этапа [4, 5]:

- прогнозирование общей потребности региона в кадрах;
- определение структуры потребностей по уровням образования и группам специальностей.

Потребность в кадрах – это количество требуемых рабочих мест в регионе, не занятых в связи с отсутствием соответствующих кадров. Оценка текущей потребности определялась количеством вакансий, регистрируемых службой занятости населения. Однако для использования зарегистрированных в службах занятости данных, необходима коррекция в связи с ниже следующим:

- регистрация одной новой вакансии может стать следствием движения показателей рабочей силы, что в дальнейшем может повлечь регистрацию дополнительных вакансий (не одной, а нескольких) в результате перехода только одного работника из одной организации в другую;

- нередко некоторые организации решают задачу привлечения кадров самостоятельно, данные о свободных рабочих местах в службу занятости не подаются. Таким образом, количество зарегистрированных вакансий может не соответствовать реальной действительности. Поэтому для оценки общей потребности региона в кадрах целесообразно выполнить корректировочные расчеты:

$$N_{общ.,t} = \frac{V_1(1 - K_{дв.})}{K_{с.з.}}, \quad (1)$$

где $N_{общ.,t}$ – общая потребность региона в кадрах на время t ; V_1 – количество вакансий, зафиксированных службой занятости на время t ; $K_{дв.}$ – доля вакансий, в результате движения рабочей силы; $K_{с.з.}$ – доля вакансий, зарегистрированных службой занятости, от общего количества вакансий.

Значения $K_{дв.}$, $K_{с.з.}$ – долей распределения потребности по уровням образования и укрупненным группам специальностей принимаются из результатов статистических отчетов [6-8].

Последующая обработка позволяет получить значения распределений потребностей по уровням образования:

- ed_n – доля потребности в специалистах с начальным образованием;
- ed_c – доля потребности в специалистах со средним образованием;
- $ed_в$ – доля потребности в специалистах с высшим образованием.

При этом должно выполняться условие:

$$ed_n + ed_c + ed_в = 1 \quad (2)$$

В результате могут быть получены кортежи значений долей потребности в кадрах для групп направлений специальностей

$$\begin{aligned}
 A_n &= (k_{n,i}); i=1...28 \\
 A_c &= (k_{c,i}); i=1...28 \\
 A_v &= (k_{v,i}); i=1...28
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

где A_n – кортеж значений долей коэффициентов потребностей в кадрах начального уровня образования;

A_c – кортеж значений долей коэффициентов потребностей в кадрах среднего уровня образования;

A_v – кортеж значений долей коэффициентов потребностей в кадрах высшего уровня образования;

$k_{n,i}$ – доля потребности в специалистах с начальным образованием для i -й профессии;

$k_{c,i}$ – доля потребности в специалистах со средним образованием и специальностью из i -й группы специальностей;

$k_{v,i}$ – доля потребности в специалистах с высшим образованием и специальностью из i -й группы специальностей.

Здесь цифра «28» означает минимальное количество необходимых базовых специальностей для Херсонской области, как региона, полученных в результате анализа функционирования и развития экономики региона [9].

Для получения значения потребности в кадрах с определенным уровнем образования необходимо выполнить умножение $N_{общ.,t}$ на соответствующий коэффициент потребности ed_n , ed_c , ed_v , соответствующих нужному уровню образования и на соответствующий нужной группе специальности коэффициент одного из трех кортежей A_i .

Тогда общая потребность $N_{общ.,t}$ может быть представлена в виде суммы:

$$N_{общ.,t} = N_{ур.р.м.,t} + N_{в.з.н.,t} \tag{4}$$

где $N_{ур.р.м.,t}$ – потребность региона в кадрах, вызванная увеличением количества рабочих на время t ;

$N_{в.з.н.,t}$ – потребность региона в кадрах, связанная с выбытием занятого населения с рынка труда на время t .

А прогнозное значение $N_{общ.,t}$ может определяться как сумма прогнозных значений $N_{ур.р.м.,t}$ и $N_{в.з.н.,t}$.

Для расчета прогноза потребности, вызванной увеличением количества рабочих мест используется модель линейного тренда. Прогноз $N_{в.з.н.,t}$ строится на основании данных о естественном движении населения, связанном с выбытием работников с рынка труда региона. Выделено несколько причин выбытия: смерть; переезд на постоянное место жительства в другой регион; уход на пенсию.

На основании данных статистики [6] для первых двух причин определена доля потребности от численности всего занятого населения

региона на примере Херсонской области, занятого в экономике. Для людей, достигших пенсионного возраста, определена доля пенсионеров, прекративших трудовую деятельность. Для расчета прогноза $N_{в.з.н.,t}$ используется следующее выражение:

$$N_{в.з.н.,t} = H_{з.в.э.,t} (K_{ум.} + K_{э.м.}) + H_{пенс.,t} K_{н.пенс.} \quad (5)$$

где $K_{ум.}$ – доля умерших жителей региона от общего количества жителей региона;

$K_{э.м.}$ – доля переехавших на постоянное место жительства в другой регион от общего количества жителей региона;

$H_{з.в.э.,t}$ – прогнозируемое количество жителей, занятых в экономике региона на время t ;

$H_{пенс.,t}$ – прогнозируемое количество жителей региона, достигших пенсионного возраста на время t ;

$K_{н.пенс.}$ – доля жителей региона, достигших пенсионного возраста и прекративших работать, от общего количества достигших пенсионного возраста.

При расчете использовались прогнозы значений $H_{з.в.э.,t}$ и $H_{пенс.,t}$. В таблице 1 и на рисунке 1 приведены результаты планирования потребности региона в трудовых ресурсах до 2015 года.

Таблица 1 – Потребность региона в кадрах с разным уровнем образования

Год	Начальное	Среднее	Высшее	Всего
2010	10480	7430	12500	30410
2011	10960	7790	12870	31620
2012	11400	8150	12440	31980
2013	11800	8490	12690	32980
2014	11990	8830	12530	33350
2015	12100	8850	12450	33400



Рисунок 1 – Прогноз общей потребности региона в кадрах

Полученный прогноз $N_{общ.,t}$ предполагает постепенное, но стабильное увеличение потребности, связанное с медленным восстановлением экономики региона после всемирного кризиса (рис. 1).

Заключение. Изложен один из подходов планирования региональных трудовых ресурсов. Дано описание использования подхода для прогнозирования потребности региона в трудовых ресурсах. Прогноз предполагает постепенное увеличение потребности региона в трудовых ресурсах после всемирного кризиса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моргунов Е.Б. Управление персоналом: исследования, оценка, обучение / Е.Б. Моргунов. – М.: Бизнес-школа «Интел-синтез», 2000. – 260 с.
2. Петров Э.Г. Организационное управление городом и его подсистемами (методы и алгоритмы) / Э.Г. Петров – Харьков: Вища школа, 1986. – 144 с.
3. Колесник Л.В. Метод рационального подбора и расстановки кадров / Л.В. Колесник // Проблемы інформаційних технологій. – 2009. – №1(005). – С. 101-104.
4. Морозова Т.Г. Регионоведение: учебник для вузов / Т.Г. Морозова, М.П. Победина, С.С. Шишов, Р.А. Исляев. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 424 с.
5. Ефимова М.Р. Социальная статистика: учебное пособие / М.Р. Ефимова, С.Г. Бычкова. – М.: «Финансы и статистика», 2003. – 560 с.
6. <http://stat.ks.ua> – Главное статистическое управление в Херсонской области.
7. Елисеева И.И. Общая теория статистики / Е.И. Елисеева, М.М. Юзбашев. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 346 с.
8. Вагнер Г. Основы исследования операций: в 3-х т. / Вагнер Г. – М.: Мир, 1972. – 287 с.
9. Ходаков Д.В. Анализ соответствия системы высшего образования региона потребностям региона в кадровом потенциале / Д.В. Ходаков, Н.Л. Нятина // Вестник ХНТУ. – 2010. – №4(36). – С. 38-42.

Ходаков Д.В., Нятина Н.Л. ПРО ОДИН ПІДХІД ДО ПЛАНУВАННЯ ПОТРЕБ РЕГІОНУ В ТРУДОВИХ РЕСУРСАХ

Розглянуто один із підходів планування регіональних трудових ресурсів. Наведено опис використання підходу для прогнозування потреб регіону в трудових ресурсах. Прогноз у своїй основі використовує незначне збільшення потреб регіону в трудових ресурсах у зв'язку з виходом із кризи.

Ключові слова: регіон, трудові ресурси, планування, прогнозування, потреби регіону.

Khodakov D.V., Njatina N.L. ABOUT ONE APPROACH OF PLANNING OF REQUIREMENT REGION IN THE MANPOWER

One of approaches of planning of a regional manpower is stated. The description of use of the approach for forecasting of requirement of region in a manpower is given. The forecast assumes gradual increase in requirement of region in a manpower after crisis.

Key words: region, manpower, planning, forecasting, requirement of region.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Бабій М.В., завідувач лабораторії, асистент	Херсонський державний морський інститут
Баклан І.В., к.т.н., доцент	Національна академія управління, (м. Київ), <i>iii2@online.ua</i>
Бень А.П., к.т.н., доцент, проректор	Херсонський державний морський інститут, <i>arben7@mail.ru</i>
Бідюк П.І., д.т.н., професор	Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
Біла Т.А., к.с.-г.н., доцент	Херсонський державний аграрний університет
Богданов О.В., к.ф.-м.н., доцент	Європейський університет, Херсонська філія
Букетов А.В., д.т.н., доцент, завідувач кафедри технічної механіки, інженерної та комп'ютерної графіки	Херсонський державний морський інститут, <i>buketov@tstu.edu.ua</i>
Верещака М.П., к.ф.-м.н., доцент	Херсонський державний морський інститут
Віріч В.В., інженер-технолог	НВО «Зоря-Машпроект», м. Миколаїв, Україна
Гедвілло О.І., к.пед.н., професор	Херсонський державний морський інститут
Гончаренко А.В., к.т.н., доцент	Херсонський державний морський інститут
Горячкін А.В., к.т.н.	Київська державна академія водного транспорту ім. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного
Губернаторов В.А., аспірант	Державний економіко-технологічний університет транспорту (м. Київ), <i>pontiw@rambler.ru</i>
Дворнік А.С., магістр	Херсонський державний морський інститут
Дикий М.О., д.т.н., професор	Київська державна академія водного транспорту ім. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного
Долгов М.А., к.т.н., старший науковий співробітник	Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка
Дюдяєва О.А., пров. інженер	Херсонський державний морський інститут
Завальнюк О.П., аспірант	Херсонський державний морський інститут

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Кавун В.І., ст. викладач	Херсонський державний морський інститут
Казанчан А.К., к.т.н., доцент	Херсонський державний морський інститут
Камінська Н.Г., асистент	Херсонський державний морський інститут
Касьянов В.О., д.т.н., професор	Національний авіаційний університет (м. Київ)
Клименко В.В., асистент	Херсонський державний морський інститут
Коваленко І.І., д.т.н., професор кафедри комп'ютерних систем і мереж	Миколаївський національний університет ім. В.О. Сухомлинського
Кравцова Л.В., к.т.н., доцент, завідувач кафедри інформатики	Херсонський державний морський інститут
Леонов В.Є., д.т.н., професор, завідувач кафедри судноводіння, охорони праці та навколишнього середовища	Херсонський державний морський інститут
Лисенко В.І., к.пед.н., доцент	Херсонський державний морський інститут
Малигін Б.В., д.т.н., професор, завідувач кафедри експлуатації судових енергетичних установок та загальноінженерної підготовки	Херсонський державний морський інститут
Марчук Г.П., к.с.-г.н., доцент	Херсонський державний аграрний університет
Михайлов О.М., д.т.н., професор, завідувач кафедри технології машинобудування	Донецький національний технічний університет
Моїсеєнко Л.Л., к.ф.-м.н., доцент	Херсонський державний морський інститут
Молчанов А.О., к.т.н., доцент	Херсонський державний морський інститут
Мордань Е.А., інженер II кат.	Київська державна академія водного транспорту ім. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного
Морев О.Г., к.т.н., доцент, професор кафедри судноводіння	Санкт-Петербурзький державний університет водних комунікацій
Настасенко В.О., к.т.н., доцент	Херсонський державний морський інститут, <i>Nastasenko2004@front.ru</i>
Нестеренко В.Б., доцент	Херсонський державний морський інститут
Нятіна Н.Л., аспірантка	Херсонський національний технічний університет

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Панкова О.В., аспірант	Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова (м. Миколаїв)
Передерій В.І., к.т.н., доцент	Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова (м. Миколаїв)
Попенко Т.В., викладач вищої категорії	Херсонський політехнічний коледж Одеського національного політехнічного університету
Проценко В.О., магістр технології машинобудування, асистент	Херсонський державний морський інститут
Пуляєва Г.В., асистент	Херсонський державний морський інститут
Рамаскевич О.І., к.мед.н., доцент	Херсонський державний морський інститут
Растьогіна Г.І., викладач вищої категорії	Морський коледж Херсонського державного морського інституту
Самойленко Л.К., к.т.н., доцент	Херсонський національний технічний університет
Соколова Н.А., д.т.н., професор, завідувач кафедри економічної кібернетики	Херсонський національний технічний університет
Спешилов В.М., ст. викладач	Херсонський державний морський інститут
Степанкова Г.А., викладач, магістр	Національна академія управління, (м. Київ), <i>astepankova@mail.ru</i>
Стухляк П.Д., д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій	Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя
Терещенкова О.В., ст. викладач	Херсонський державний морський інститут
Ходаков Д.В., к.т.н., ст. викладач	Херсонський державний морський інститут
Чихіра І.В., к.т.н., доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій	Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя
Швед О.В., магістр, викладач кафедри інформатики	Миколаївський національний університет ім. В.О. Сухомлинського, <i>helenashv@mail.ru</i>
Шепель Л.С., викладач-методист	Морський коледж Херсонського державного морського інституту
Щеголькова В.А., викладач, аспірант	Шосткінський інститут Сумського державного університету

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Б

Бабій М.В., 34
Баклан І.В., 217
Бень А.П., 3
Бідюк П.І., 3
Біла Т.А., 59
Богданов О.В., 131
Букетов А.В., 139

В

Верещака М.П., 65
Віріч В.В., 149

Г

Гедвілло О.І., 175
Гончаренко А.В., 231
Горячкін А.В., 109
Губернаторов В.А., 224

Д

Дворнік А.С., 124
Дикий Н.А., 109
Долгов М.А., 139
Дюдяєва О.А., 124

З

Завальнюк О.П., 70

К

Кавун В.І., 34, 124
Казанчан А.К., 185, 192
Камінська Н.Г., 76
Касьянов В.О., 231
Клименко В.В., 34
Коваленко І.І., 238
Кравцова Л.В., 76

Л

Леонов В.С., 119
Лисенко В.І., 83

М

Малигін Б.В., 124
Марчук Г.П., 59
Михайлов О.М., 164
Моїсеєнко Л.Л., 175, 180
Молчанов А.О., 185, 192
Мордань Е.А., 109
Морев О.Г., 13

Н

Настасенко В.О., 164, 197
Нестеренко В.Б., 18, 70
Нятіна Н.Л., 265

П

Панкова О.В., 26
Передерій В.І., 238
Попенко Т.В., 96
Проценко В.О., 34, 164, 211
Пуляєва Г.В., 76

Р

Рамаскевич О.І., 41
Растьогіна Г.І., 103

С

Самойленко Л.К., 211
Соколова Н.А., 248
Спешилов В.М., 46
Степанкова Г.А., 217
Стухляк П.Д., 139

Т

Терещенкова О.В., 258

Х

Ходаков Д.В., 265

Ч

Чихіра І.В., 139

Ш

Швед О.В., 238
Шепель Л.С., 103

Щ

Щегольникова В.А., 248

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ

Згідно з вимогами п. 3 Постанови Президії Вищої Атестаційної Комісії України № 7-05/1 від 15.01.2003 р., наукові статті, що надаються до друку, повинні містити наступні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми, на які посилається автор; виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки щодо даного дослідження та перспективи подальших наукових досліджень у даному напрямку.

Обсяг статей – до 15 сторінок, включаючи всі матеріали, у т. ч. таблиці, рисунки, графіки та список літературних джерел.

Оформлення статті. На першій сторінці рукопису зазначається код УДК, назва роботи, прізвище, ініціали та науковий ступінь (звання) автора(ів).

Код УДК – по лівому краю, розмір шрифту – 12.

Назва – по центру друкованими літерами (шрифт жирний, розмір шрифту – 14).

Інформація про автора(ів): прізвище, ініціали, науковий ступінь, вчене звання, повна назва установи або громадської організації, посада (для іноземних учасників – держава) – курсивом, по центру, розміром шрифту 12.

Текст надається у форматі редактора MS Word шрифтом Times New Roman, розмір шрифту – 14, інтервал – 1.

Параметри сторінки: поля зверху, знизу, праворуч – 2,0 см, ліворуч – 2,5 см, колонтитули – 1,3 см, абзацний відступ – 1,25 см.

Формули набираються у редакторі формул Microsoft Equation. Це стосується також формул і символів формул, які стоять по тексту. Розміри (опція меню редактора Equation Editor):

- Звичайний 14 пт.
- Крупний індекс 7 пт.
- Дрібний індекс 5 пт.
- Крупний символ 20 пт.
- Дрібний символ 14 пт.

Таблиці набираються у Microsoft Word.

Рисунки повинні бути чорно-білими. Формат рисунків (.tif, .psx, .bmp та ін.) має бути сумісний з редактором тексту **Microsoft Word 2000**.

Структура статті: вступ (постановка задачі або проблеми); рішення задачі (мета, задачі, об'єкти, предмети, методи дослідження); основні результати та висновки з перспективами; список використаних літературних джерел. Основні розділи можуть мати назви, відмінні від приведених вище найменувань.

Список використаної літератури подається загальним списком у кінці рукопису (послідовність – у порядку згадування по тексту) згідно зі встановленими вимогами стандарту ДСТУ ГОСТ 7.1 та вимогами, викладеними у Бюлетені ВАК України № 5 (2009).

Анотації українською, російською та англійською мовами обсягом від 30 до 100 слів надаються: на мові оригіналу статті перед вступом, на двох інших мовах – після тексту статті. У кінці анотацій наводяться ключові слова.

Документи, що подаються до редакції.

Для публікації автор повинен надати до науково-дослідного сектору ХДМІ:

- комп'ютерний варіант статті – файл, набраний у редакторі Microsoft Word 2000 for Windows. Машинописні рукописи не приймаються;
- файл кожного малюнка, включеного в статтю, окремо;
- рукопис статті (на паперовому носії), підписаний автором(ами) – 2 примірники.

Крім тексту статті автором(ами) надаються:

- коротка анотація українською, англійською і російською мовами, включаючи назву статті та прізвища авторів трьома мовами – на окремій сторінці;
- відомості про авторів (прізвище, ім'я, по батькові, вчений ступінь, вчене звання, місце роботи, посада, домашня або службова адреса, контактний телефон, e-mail (якщо є), наукові інтереси авторів) – на окремій сторінці.

До друку приймаються матеріали, що не публікувались раніше в інших друкованих засобах.

Редакційна колегія залишає за собою право як не публікувати роботи у разі їх відхилення, так і приймати рішення щодо їх відповідності напрямам журналу. Відповідальність за зміст статті несе автор.

ЗМІСТ

МОРСЬКИЙ ТА РІЧКОВИЙ ТРАНСПОРТ

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ (СППР) ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ З АВТОМАТИЗАЦІЄЮ ВИБОРУ КРАЩОЇ МОДЕЛІ	3
<i>Бідюк П.І., Бень А.П.</i>	
О ТЕРМИНОЛОГИИ, ОТНОСЯЩЕЙСЯ К МЕРАМ ДЛИНЫ НА МОРЕ	13
<i>Морев О.Г.</i>	
РАБОТА БАЛКЕРНОГО ТОННАЖА В УСЛОВИЯХ МИРОВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА	18
<i>Нестеренко В.Б.</i>	
АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ ДЛЯ СУДОВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ РЕЙСОВ	26
<i>Панкова О.В.</i>	
ВПЛИВ РАДІАЛЬНОЇ НЕСПІВВІСНОСТІ НА ЕНЕРГОЄМНІСТЬ З'ЄДНУВАЛЬНИХ МУФТ З ОСЬОВОЮ УСТАНОВКОЮ ПРЯМИХ КАНАТІВ	34
<i>Проценко В.О., Бабій М.В., Кавун В.І., Клименко В.В.</i>	
ПРОДУКТИВНОСТЬ СУФФИКСОВ -NESS И -МЕНТ АБСТРАКТНЫХ ИМЕН СУЩЕСТВИТЕЛЬНЫХ В ВОКАБУЛЯРЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ МОРСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	41
<i>Рамаскевич А.И.</i>	
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ СИСТЕМ	46
<i>Спешилов В.М.</i>	

ПРОБЛЕМИ ВИЩОЇ ШКОЛИ

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДУ ПРОЕКТІВ У СУЧАСНІЙ ПЕДАГОГІЧНІЙ ПРАКТИЦІ	59
<i>Біла Т.А., Марчук Г.П.</i>	
ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕГРАЦІЇ КУРСІВ ФІЗИКИ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ	65
<i>Верещака М.П.</i>	
УДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИКЛАДАННЯ ФАХОВИХ ДИСЦИПЛІН У МОРСЬКИХ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ	70
<i>Завальнюк О.П., Нестеренко В.Б.</i>	

СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ КУРСАНТІВ НА ПРИКЛАДІ КУРСУ СФЕРИЧНОЇ ТРИГОНОМЕТРІЇ <i>Кравцова Л.В., Камінська Н.Г., Пуляєва Г.В.</i>	76
РОЛЬ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ФОРМУВАННІ ПРИРОДНИЧО- НАУКОВОЇ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ ГРАМОТНОСТІ ПРИ ВИКЛАДАННІ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ СТУДЕНТАМ НЕМАТЕМАТИЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ <i>Лисенко В.І.</i>	83
ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ МЛАДШЕГО СПЕЦИАЛИСТА ТЕХНИКА-ЭЛЕКТРИКА <i>Попенко Т.В.</i>	96
ЛОГИЧЕСКАЯ СЕЛЕКТИВНОСТЬ В СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕ- ТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ <i>Растегина Г.И., Шепель Л.С.</i>	103
РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	
ПУТИ СНИЖЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОРРОЗИИ СУДОВЫХ КОТЛОВ ПРИ СЖИГАНИИ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ <i>Горячкин А.В., Дикий Н.А., Мордань Э.А.</i>	109
САНИТАРНАЯ ОЧИСТКА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК <i>Леонов В.Е.</i>	119
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕНСОРНОГО РАДИОЗОНДИРОВА- НИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ БЕСКОНТАКТНОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛЕЙ МАШИН <i>Малыгин Б.В., Кавун В.И., Дюдяева О.А., Дворник А.С.</i>	124
ІНЖЕНЕРНІ НАУКИ	
ВЕРОЯТНОСТНАЯ АКСИОМАТИКА ГЕОМЕТРИИ <i>Богданов А.В.</i>	131
ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИ ЗГІНІ СИСТЕМИ “ЕПОКСИДНЕ КОМПОЗИТНЕ ПОКРИТТЯ – СТАЛЬНА ОСНОВА” <i>Букетов А.В., Стухляк П.Д., Чихіра І.В., Долгов М.А.</i>	139
ТЕХНИКО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ДИСКОВЫХ ОТРЕЗНЫХ ФРЕЗ <i>Вирич В.В.</i>	149

РАЗВИТИЕ ПРИНЦИПОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ ОБЪЕКТОВ ТЕХНИКИ	164
<i>Михайлов А.Н., Настасенко В.А., Проценко В.А.</i>	
МІКРОТВЕРДІСТЬ ЯК ЗАСІБ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ	175
<i>Моїсеєнко Л.Л., Гедвілло О.І.</i>	
РОЗРАХУНОК ДЕЯКИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОННОЇ СТРУКТУРИ ВИЩИХ БОРИДІВ РІДКОЗЕМЕЛЬНИХ МЕТАЛІВ	180
<i>Моїсеєнко Л.Л.</i>	
ЩОДО ВЕРТИКАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ РУХУ БЕЗКАНАТНОГО ФРИКЦІЙНОГО ЛІФТУ	185
<i>Молчанов А.О., Казанчан А.К.</i>	
КІНЕМАТИКА МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ БЕЗКАНАТНОЇ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНОЇ УСТАНОВКИ ФРИКЦІЙНОГО ТИПУ	192
<i>Молчанов А.О., Казанчан А.К.</i>	
ЕСТЕСТВЕННЫЕ КОНСТАНТЫ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН	197
<i>Настасенко В.А.</i>	
ПРО СТРУКТУРУ МЕХАНІЗМУ КОЛОДКОВОГО ГАЛЬМА І ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО НАДІЙНОСТІ	211
<i>Самойленко Л.К., Проценко В.О.</i>	
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ	
ПУАСОНІВСЬКІ ПРИХОВАНІ МАРКОВСЬКІ МОДЕЛІ	217
<i>Баклан І.В., Степанкова Г.А.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СЕЧЕНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТИ ПЯТНА ИЗЛУЧЕНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ	224
<i>Губернаторов В.А.</i>	
MODELS OF COMPETITORS' PREFERENCES INFLUENCE UPON THE NUMBER OF SEAFARERS ON BOARD AND ASHORE	231
<i>V.O. Kasjanov, A.V. Goncharenko</i>	
ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА ГРУППОВЫХ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК	238
<i>Коваленко И.И., Швед А.В., Передерий В.И.</i>	
ПОЛУЧЕНИЕ НОВОГО РЕШЕНИЯ В СИСТЕМЕ ВЫВОДА ПО ПРЕЦЕДЕНТАМ НА ОСНОВЕ АССОЦИАТИВНЫХ ПРАВИЛ	248
<i>Соколова Н.А., Щегольникова В.А.</i>	

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ СУДОРЕМОНТНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ <i>Терещенкова О.В.</i>	258
ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ РЕГИОНА В ТРУДОВЫХ РЕСУРСАХ <i>Ходаков Д.В., Нятина Н.Л.</i>	265
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	270
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК	273
ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ	274

Науковий журнал

НАУКОВИЙ ВІСНИК
ХЕРСОНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО МОРСЬКОГО ІНСТИТУТУ

№ 2 (3), 2010

Відповідальний за випуск *Врублевський Р.Є.*
Науковий редактор *Ляшкевич А.І.*
Технічний редактор *Дюдяєва О.А.*
Коректор *Федіна О.І.*
Друк, фальцювальньо-палітурні роботи *Удов В.Г.*

Підписано до друку 30.12.2010. Формат 84×108/32.
Папір офсетний. Друк цифровий.
Ум. друк. арк. 17,5. Наклад 100 прим.

Видавництво ХДМІ
Свідоцтво про державну реєстрацію ХС № 62 від 06.06.2008
73000, м. Херсон, пр. Ушакова, 20, к. 224
тел. (0552) 44-25-24