

ISSN 2077-3617

Міністерство освіти і науки України

Херсонський державний морський інститут

НАУКОВИЙ ВІСНИК

ХЕРСОНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО МОРСЬКОГО ІНСТИТУТУ

Науковий журнал

№1(1)

Херсон
2009

04 252

Науковий вісник ХДМІ : Науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМІ, 2009. – №1(1). – 264 с.

С 1

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

Рекомендовано до друку на засіданні Вченої Ради Херсонського державного морського інституту 27.08.2009 р., протокол №15.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Ходаковський Володимир Федорович, к.і.н., професор, головний редактор;
Бардачов Юрій Миколайович, д.т.н., професор, заступник головного редактора;
Кулікова 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;
Кудрявцева Валентина Федорівна, к.пед.н., доцент;
Кутовий Віктор Іванович, к.мед.н., доцент;
Леонов Валерій Євгенович, д.т.н., професор;
Малигін Борис Вадимович, д.т.н., професор;
Мармуть 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

Свідectво 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», 2009

Національна бібліотека України
імені В.І.Вернадського

ЯКІСНА МОРСЬКА ОСВІТА – У ПОЄДНАННІ ІСТОРИЧНИХ ТРАДИЦІЙ І СУЧАСНИХ НАУКОВИХ НАДБАНЬ

Як свідчить історія, розвиток морської освіти нашої держави розпочався у місті Херсоні, де в 1834 році за указом імператора Миколи I було створено перший в Україні морський навчальний заклад. Не зважаючи на перепиті історичних подій, Херсонський морський навчальний заклад не переривав свою діяльність, а лише реорганізовувався вісім разів і пройшов шлях від училища торгівельного мореплавання до вищого навчального закладу. Створення державного морського інституту в місті Херсоні стало логічним продовженням Україною, як морською державою, давніх і славних традицій у підготовці мореплавців і суднобудівників.

Херсонський державний морський інститут сьогодні – це сучасний вищий навчальний заклад, який визнаний світовою морською спільнотою і гідно став до лав провідних навчальних закладів як нашої держави, так і світу. До його складу, як структурні підрозділи, входять морський коледж та професійно-морський ліцей. Це дає унікальну змогу навчати в стінах одного навчального закладу фахівців усіх необхідних на сучасному судні професій: матросів, механіків, електромеханіків, капітанів та обслуговувальний персонал тощо.

За два роки існування інституту його керівництвом та провідними науковцями здійснено низку важливих заходів, щодо зміцнення підвалин наукової діяльності. Так, за звітний період на кафедрах інституту ведуться наукові дослідження з 23 наукових тем, три з яких подано до МОН України та отримано позитивне рішення щодо одержання такого фінансування в 2009 році. Усі науково-дослідні роботи, які виконуються в інституті, інноваційні, конкурентноспроможні і мають важливе значення для практичного застосування на судах річкового та морського флоту держави. У їх переліку: використання інформаційних технологій у судноводінні та моделюванні складних систем на водному транспорті; розробка віртуальних комп'ютерних тренажерів; розробка та дослідження математичних моделей об'єктів водного транспорту; розробка та дослідження сучасних суднових енергозберігаючих енергетичних комплексів та систем утилізації теплової енергії силових установок; охорона морського середовища при експлуатації суден; розробка технологій утилізації твердих відходів та випаровувань вуглеводнів на танкерах, очищення та обеззараження стічних вод на судах.

Посилюється винахідницька діяльність учених інституту. За 2008-2009 роки подано 8 заявок на об'єкти інтелектуальної власності та отримано 4 патенти на винахід.

У травні поточного року започатковано проведення щорічної міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті» (MINTT-2009), у роботі якої взяли участь більше шістдесяти науковців із майже двадцяти навчальних закладів України, близького та далекого зарубіжжя.

Всебічно зміцнюється науково-дослідна робота курсантів інституту – курсанти постійно беруть участь у наукових конференціях, семінарах, науково-дослідних роботах за напрямками підготовки. У листопаді 2008 року було проведено курсантську наукову конференцію «Сучасні орієнтири науково-дослідної роботи курсантів ХДМІ». За рішенням конференції для здійснення організаційного та науково-методичного забезпечення роботи з обдарованою молоддю, створення сприятливих умов для розвитку і реалізації творчих здібностей курсантів інституту, залучення їх до активної науково-дослідної діяльності створено Наукове товариство курсантів.

На початок 2010 року заплановано відкриття аспірантури для підготовки фахівців за спеціальностями 05.13.06 – інформаційні технології та 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Значною подією для науковців інституту стало отримання в травні 2009 року державного свідоцтва про реєстрацію в Міністерстві юстиції України власного наукового видання «Науковий вісник ХДМІ».

Відкриття власного наукового журналу – вагомий внесок у розбудову та укріплення наукової діяльності кафедр та підрозділів інституту. Сьогодні з упевненістю можна сказати, що на його сторінках наші науковці отримали довгоочікуване місце для висвітлення своїх нових теоретичних і практичних розробок, обміну думками з колегами не тільки в межах України, а й за кордоном.

Редакція збірника запрошує до плідної співпраці на користь морського та річкового транспорту держави всіх науковців і провідних фахівців галузі.

Сподіваємось, що в найближчому майбутньому наше видання стане надійним лоцманом у безмежному просторі наукових досліджень, інновацій та винаходів і бажаним надбанням для бібліотеки кожного вченого.

*Голова редакційної колегії,
ректор ХДМІ, професор*

В.Ф.Ходаковський

МОРСЬКИЙ ТА РІЧКОВИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 539.3:[629.12+626.75]

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ В БУКСИРНОМ ТРОСЕ

*Алексенко В.Л., Буханистая М.В., Мамышев Н.И.,
Херсонский государственный морской институт*

Введение. Прочность – важнейшее эксплуатационное качество судов и других инженерных сооружений. Вместе с другими мореходными качествами обеспечивает надежность судна, а в сочетании с искусством судовождения – и саму безопасность мореплавания. Поэтому решение и уточнение задач прочности судов и элементов их устройств представляют научный и практический интерес. Комплексное решение задачи прочности включает: последовательное во взаимном соответствии точности определение внешних сил, внутренних сил и нормирования последних.

Ниже, в уточнённой постановке, рассматривается задача о продольном ударе по упругому стержню с распределённой массой, идеализирующая в определённых рамках задачу определения усилий в буксирном тросе при буксировке и кантовках в порту.

Постановка задачи. Рассматривается изолированная механическая система (рис. 1), включающая материальные точки массами M_1 и M_2 и линейно-упругий стержень с жесткостью на растяжение – сжатие k и массой M_3 , равномерно распределённой на его длине l . Стержень прикреплен к покоящейся массе M_1 и испытывает продольный удар со стороны M_2 , которая вплоть до контакта равномерно движется относительно M_1 со скоростью v_0 .

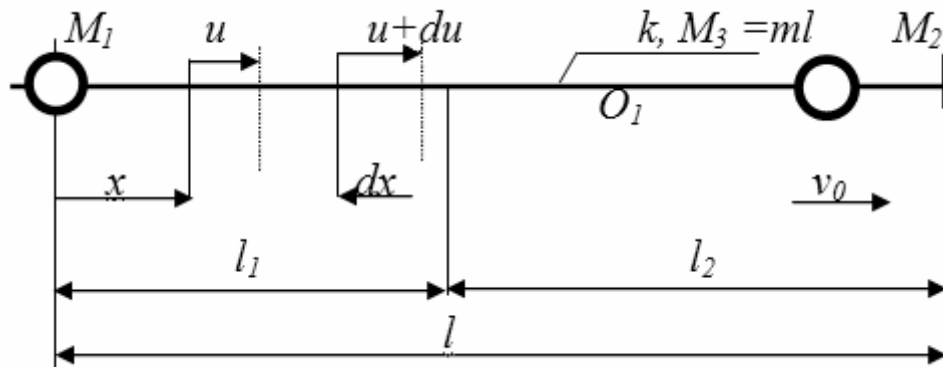


Рисунок 1. Схема продольного удара

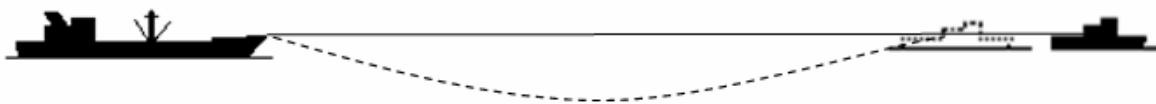


Рисунок 2. Рывок при буксировке

Практическое значение. К данной расчетной схеме можно свести задачу о рывке при буксировке [2, 3] в момент распрямления прослабленного троса (рис. 2). Такая постановка задачи позволяет уточнить существующее решение [2, с. 79], в котором левый конец стержня полагается жестко закреплённым.

Цель исследования. Требуется исследовать движение заданной механической системы с упругим элементом и определить динамические продольные усилия в последнем.

Решение задачи в упрощенной постановке. Предварительно рассмотрим случай, когда $M_3 \ll M_1$, т. е. массой буксирного троса и силами инерции в нем будем пренебрегать.

Задачу решаем в инерциальной системе координат O_1X , с началом в центре масс O_1 , совершающим равномерное прямолинейное движение со скоростью:

$$v_1 = \frac{M_2 v_0}{M_1 + M_2} \quad (1)$$

относительно неподвижной точки O .

В момент удара $t = 0$ центр инерции расположен так, что:

$$l_1 = \frac{M_2 l}{M_1 + M_2}; \quad l_2 = \frac{M_1 l}{M_1 + M_2}. \quad (2)$$

Обозначив через u перемещения по оси OX поперечных сечений стержня, а точками и штрихами вверху соответственно производные по t и x , получим:

до удара скорости точек относительно O_1 :

$$u_1'(t) = -v_1 = -M_2 v_0 / (M_1 + M_2); \quad u_2'(t) = v_0 - v_1 = M_1 v_0 / (M_1 + M_2). \quad (3)$$

Уравнения движения с момента удара ($t \geq 0$):

$$M_1 \ddot{u}_1(t) = -k u_1'; \quad M_2 \ddot{u}_2(t) = -k u_2'; \quad (4)$$

где в силу принятых предположений:

$$u' = u_1' = u_2' = (u_2 - u_1) / l = u_1 / l_1 = u_2 / l_2 \quad (5)$$

могут быть представлены в виде:

$$\ddot{u}_1 + \omega_1^2 u_1 = 0; \quad \ddot{u}_2 + \omega_2^2 u_2 = 0. \quad (6)$$

Здесь $\omega_1 = \sqrt{(k/M_1 l_1)}$; $\omega_2 = \sqrt{(k/M_2 l_2)}$, причем $\omega_1 = \omega_2 = \omega$.
(7)

Начальные условия:

$$\begin{aligned} u_1(0) &= 0; \quad u_1'(0) = -M_2 v_0 / (M_1 + M_2); \\ u_2(0) &= 0; \quad u_2'(0) = -M_1 v_0 / (M_1 + M_2). \end{aligned} \quad (8)$$

Решения первого из уравнений (4):

$$u_1 = A_1 \sin \omega t + B_1 \cos \omega t. \quad (9)$$

Из первого начального условия следует, что $B_1 = 0$.

Из второго:

$$A_1 = -M_2 v_0 / (M_1 + M_2) \omega. \quad (10)$$

Таким образом,

$$u_1(t) = A_1 \sin \omega t, \quad (11)$$

где ω и A_1 , определяются формулами (7) и (10).

Аналогично:

$$u_2(t) = A_2 \sin \omega t, \quad (12)$$

где

$$u_2(t) = A_2 \sin \omega t. \quad (13)$$

Усилие в тросе $S = k(u_2 - u_1)/l$, или с учетом (11) и (12):

$$S(t) = S_0 \sin \omega t, \quad (14)$$

где:

$$S_0 = k v_0 / \omega l. \quad (15)$$

Следовательно, с момента удара ($t=0$) система превращается в два гармонических осциллятора, точечные массы которых колеблются относительно центра инерции с одинаковой круговой частотой ω , но в противоположных направлениях.

Если стержень M_3 – гибкая упругая нить (трос), то он не сможет воспринимать сжимающие усилия. Поэтому, если за системой просматривать задачу о буксировке, уравнения движения (6) и их решения (11)-(15) будут верны только для положительных (растягивающих) значений $S(t)$.

Решение в уточнённой постановке. Решим рассматриваемую задачу с учетом распределённой массы $M_3 = ml$ упругого стержня.

Уравнение смещений $u(x,t)$ точек стержня в неподвижной системе координат ОХ имеет вид [1, 2]:

$$\partial^2 u(x,t) / \partial t^2 = c^2 \partial^2 u(x,t) / \partial x^2, \quad \text{где } c = \sqrt{\frac{kl}{m}}. \quad (16)$$

Введя безразмерные величины:

$$\xi = x/l; \quad \tau = ct/l; \quad \bar{u} = u/l; \quad \alpha_1 = M_1/M_3; \quad \beta_0 = v_0/c \quad (17)$$

и обозначив дифференцирование по ξ и τ нижними индексами, получим:

$$\bar{u}_{\xi\xi} = \bar{u}_{\tau\tau}, \quad (18)$$

при начальных:

$$\bar{u}_{\xi}(0, \tau) - \alpha_1 \bar{u}_{\tau\tau}(0, \tau) = 0 \quad (19)$$

$$\bar{u}_{\xi}(1, \tau) - \alpha_2 \bar{u}_{\tau\tau}(1, \tau) = 0 \quad (20)$$

и граничных:

$$\bar{u}(\xi, 0) = 0 \quad (21)$$

$$\bar{u}_{\tau}(\xi, 0) = \beta(\xi) \quad (22)$$

$$\beta(\xi) = \begin{cases} 0 & 0 < \xi < 1 - \delta \\ \beta_0 & 1 - \delta < \xi < 1 \end{cases} \quad \delta \rightarrow 0 \quad (23)$$

условиях.

Решение (18) ищем в виде [1]:

$$\bar{u}(\xi, \tau) = X(\xi)T(\tau). \quad (24)$$

Подставляя (24) в (18), получим $X_{\xi\xi}T = XT_{\tau\tau}$, или:

$$X_{\xi\xi}/X = T_{\tau\tau}/T = -\gamma^2, \quad (25)$$

где $\gamma = \text{const}$.

Откуда следуют два обыкновенных однородных дифференциальных уравнения

$$X_{\xi\xi} + \gamma^2 X = 0, \quad (26)$$

$$T_{\tau\tau} + \gamma^2 T = 0. \quad (27)$$

Общие решения, которых:

$$X = c_1 \sin \gamma \xi + c_2 \cos \gamma \xi, \quad (28)$$

$$T = c_3 \sin \gamma \tau + c_4 \cos \gamma \tau. \quad (29)$$

Из начального условия (21):

$$c_4 = 0. \quad (30)$$

Подставляя (28) и (29) в граничные условия (19) и (20), с учетом (30) получим систему двух однородных линейных относительно c_1 и c_2 уравнений:

$$\begin{cases} c_1 + \alpha_1 c_2 = 0 \\ (\cos \gamma + \alpha_2 \gamma + \alpha_2 \gamma \sin \gamma) c_1 + (\alpha_2 \gamma \cos \gamma - \sin \gamma) c_2 = 0 \end{cases} \quad (31)$$

Приравнивая определитель системы к нулю, получим трансцендентное уравнение для определения собственных чисел γ_n ($n=1, 2, 3, \dots, \infty$):

$$\operatorname{tg} \gamma_n = (\alpha_2 - \alpha_1) \gamma_n / (1 + \alpha_1 \alpha_2 \gamma_n^2). \quad (32)$$

Следовательно, для всех γ_n имеет место:

$$\frac{c_{2n}}{c_{1n}} = \frac{-1}{\alpha_1 \gamma_n} = \frac{\cos \gamma_n + \alpha_2 \gamma_n \sin \gamma_n}{\sin \gamma_n + \alpha_2 \gamma_n \cos \gamma_n}. \quad (33)$$

Каждому γ_n соответствует отношение c_{2n}/c_{1n} , обращающее уравнения (31) в тождества, т. е. постоянные c_{1n} и c_{2n} определяются с точностью до постоянного множителя.

Проинтегрируем собственные функции по условию:

$$\int_0^1 X_n^2(\xi) d\xi = 1, \quad (34)$$

откуда:

$$c_{1n} = \frac{1}{\sqrt{[0,5 - \sin 2\gamma_n / 4\gamma_n + (c_{2n}/c_{1n})((1 - \cos 2\gamma_n)/2\gamma_n) + (c_{2n}/c_{1n})^2(0,5 \sin 2\gamma_n / 4\gamma_n]}}, \quad (35)$$

где c_{2n}/c_{1n} определяются формулой (33).

Каждая функция $\bar{u}_{1n}(\xi, \tau) = X_n(\xi)T_n(\tau) = X_n(\xi)c_{3n} \sin \gamma_n \tau$ есть решение уравнения (18) при граничных условиях (19), (20) и начальном условии (21).

Чтобы удовлетворить начальному условию (22), составим ряд:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \bar{u}(\xi, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} X_n(\xi) c_{3n} \sin \gamma_n \tau. \quad (36)$$

Предположим, что этот ряд и ряды, полученные из него двойным дифференцированием по ξ и τ , сходятся равномерно. В этом случае ряд (36) будет решением уравнения (18) при граничных условиях (19), (20) и начальном (21).

С учетом найденной формы решения (36) начальное условие (22) запишется:

$$\bar{u}_{\tau}(\xi, 0) = \sum_{n=1}^{\infty} (\xi) c_{3n} \sin \gamma_n = \beta(\xi). \quad (37)$$

Домножим обе части выражения (37) на $X_m(\xi)$, ($m=1, 2, 3, \dots, \infty$) и проинтегрируем на отрезке $[0, 1]$:

$$\int_0^1 \sum_{n=1}^{\infty} X_n(\xi) c_{3n} \gamma_n X_m(\xi) d\xi = \int_0^1 \beta(\xi) X_m(\xi) d\xi.$$

Учитывая, что $X_n(\xi)$ образуют на отрезке $[0, 1]$ полную систему взаимно ортогональных функций и норму (34), получим:

$$c_{3n}\gamma_n \int_0^1 X_n^2(\xi) d\xi = \beta_0 \int_{1-\delta}^1 X_n(1-\delta/2) d\xi,$$

откуда:

$$c_{3n} = (\beta_0 / \gamma_n) X_n(1) = (\beta_0 / \gamma_n) [\sin \gamma_n + (c_{2n} / c_{1n}) \cos \gamma_n] c_{1n}, \quad (38)$$

где c_{2n}/c_{1n} определяется формулой (23).

Найденное решение уравнения (18):

$$\bar{u}(\xi, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} (c_1 \sin \gamma_n \xi + c_2 \cos \gamma_n \xi) c_{3n} \sin \gamma_n \tau \quad (39)$$

будет общим в пределах граничных (19), (20) и начальных (21), (22) условий. Соответственно безразмерные скорости, ускорения, и деформации определяются формулами:

$$\begin{aligned} \bar{u}_{\tau}(\xi, \tau) &= \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n (c_1 \sin \gamma_n \xi + c_2 \cos \gamma_n \xi) c_{3n} \cos \gamma_n \tau; \\ \bar{u}_{\tau\tau}(\xi, \tau) &= -\sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n (c_1 \sin \gamma_n \xi + c_2 \cos \gamma_n \xi) c_{3n} \sin \gamma_n \tau; \\ \bar{u}_{\xi}(\xi, \tau) &= \sum_{n=1}^{\infty} \gamma_n (c_1 \cos \gamma_n \xi - c_2 \sin \gamma_n \xi) c_{3n} \sin \gamma_n \tau, \end{aligned} \quad (40)$$

а размерные:

$$u_t = c \bar{u}_{\tau}; \quad u_{tt} = c^2 \bar{u}_{\tau\tau} / l; \quad S = k \bar{u}_{\xi}. \quad (41)$$

Алгоритм расчёта с использованием предлагаемого решения.

Из вышесказанного следует следующий порядок расчета рассматриваемой механической системы:

1. Из уравнения (32) находят собственные числа $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \dots, \gamma_m$, где m определяется требуемой точностью вычислений.
2. По формуле (33) определяют c_{2n}/c_{1n} ($n=1, 2, \dots, m$).
3. По формуле (35) с учетом найденных c_{2n}/c_{1n} определяют c_{1n} .
4. Вычисляют c_{2n} (формула 33) и c_{3n} (38).
5. Для ряда заданных моментов времени и точек на оси стержня по формулам (39) - (41) находят безразмерные и размерные параметры движения системы.

Результаты исследований. Найдено решение задачи о продольном растягивающем ударе по одному из концов стержня с массой, равномерно распределенной по его длине, и сосредоточенной массой на другом конце, которое может быть использовано для анализа динамических нагрузок на канат при буксировке транспортных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уравнения в частных производных математической физики : учебное пособие для мех.-мат. фак. ун-тов / [Кошляков Н.С. и др.]. – М. : Высшая школа, 1970. – 712 с.
2. Судовые устройства : справочник / Под ред. М.Н. Александрова. – Л. : Судостроение, 1987. – 656 с.
3. Полин Л.Е. Балтика – Черное море (перегон плавучего дока). – М. : Морской транспорт, 1963. – 141 с.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ СБЛИЖЕНИЯ СУДОВ

Бень А.П., Плющ В.Н.,
Херсонский государственный морской институт

Введение. Повышение безопасности судоходства и снижение уровня аварийности судов являются одной из актуальнейших задач в современном судовождении. Ее решение требует разработки новых и совершенствования существующих критериев оценки опасности столкновения по имеющимся параметрам движения собственного судна и судов-целей.

Актуальность исследования. Методы оценки опасности сближения судов достаточно детально представлены в работах [1-5, 7, 8]. Используемые подходы к количественной оценке безопасности расхождения чаще всего рассматривают изменения пеленга [1] и дистанции до объектов возможного столкновения, а также скоростей их движения и основаны на расчете расстояния кратчайшего сближения $D_{кр}$ [2, 3] или времени кратчайшего сближения $t_{кр}$ [2, 4, 5]. Анализ указанных работ позволяет сделать вывод, что при оценке уровня безопасности, наиболее эффективным методом становится использование комплексных критериев, учитывающих одновременно динамику изменения нескольких параметров движения, а также погрешности определения этих параметров навигационными системами, с учетом собственных размерений судов.

Основная часть. Предлагаемый комплексный критерий оценки опасности сближения судов учитывает такие параметры, как: собственные размерения судов (L_{max}), боковое смещение при рыскании R_p , радиальную среднеквадратическую погрешность оценки места судна $R_{скп}$ и счислимый радиус круга погрешностей $R_{сч}$. Величина дистанции $D_{зад}$ допустимого кратчайшего сближения должна быть больше значения суммы указанных величин:

$$D_{зад} \geq D_{кр} + (L_{max1} / 2) + (L_{max2} / 2) + R_{об} + R_{сч} + R_p \quad (1)$$

где: L_{max1} , L_{max2} – диаметры окружностей, характеризующие максимальные размерения первого и второго судна.

Для определения радиусов кругов погрешностей используем уравнения из теории ошибок (погрешностей). Радиус круга погрешностей обсервованного места может быть получен из выражения:

$$R_{об} = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\Delta n_1^2 + \Delta n_2^2} \quad (2)$$

где: θ – угол между линиями положения, а Δn_1 и Δn_2 – смещение линии пеленга за счёт погрешностей определения навигационных параметров.

При определении места по расстояниям смещение линии положения равно средней квадратической погрешности определения дистанции, то есть $\Delta n = m_D$ где m_D – средняя квадратическая погрешность измерения навигационных параметров. При определении места по пеленгам смещение $\Delta n = \frac{m_n^\circ}{57^\circ 3} * D$, где m_n° – средняя квадратическая ошибка измерения пеленга, а D – расстояния до ориентира.

Счислимый радиус круга погрешностей определяется из уравнения:

$$R_{сч} = \frac{S}{10} \sqrt{\frac{\Delta^2 k}{36} + \frac{\Delta^2 \Lambda}{100}} \quad (3)$$

где: Δk – погрешность в поправке компаса, $\Delta \Lambda$ – погрешность в поправке лага.

Величина $R_{сч}$ будет зависеть от расстояния, проходимого судном за период между наблюдениями S и точности определения поправок лага и компаса. Максимальный радиус рыскания судна может быть получен из геометрического построения, представленного на рисунке 1.

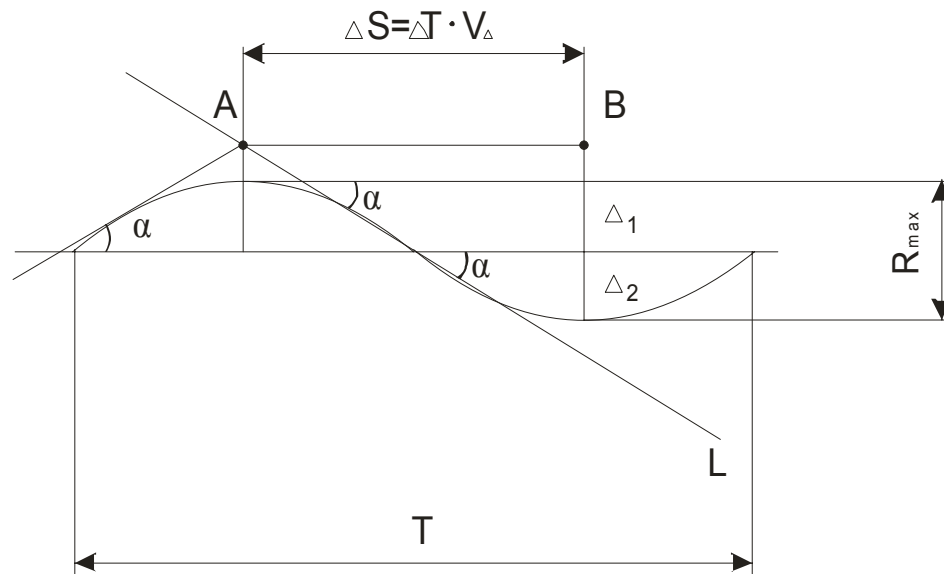


Рисунок 1. Максимальный радиус уклонения судна от линии пути (ЛП) за полупериод рыскания судна

Приняв величину ΔS за расстояние, проходимое судном за полупериод рыскания, а величину α – за угол рыскания, можем рассчитать максимальный радиус рыскания судна из соотношения: $R_{\max} = \Delta_1 + \Delta_2 = \Delta S * tg \alpha$.

В силу малости угла рыскания ($2^\circ - 3^\circ$), $tg \alpha$ можно заменить углом α в радианной мере $tg \alpha = \alpha^\circ * arc1^\circ$ и тогда $R_p = \Delta S * \alpha^\circ arc1^\circ$ или:

$$R_p = \Delta S * \frac{\alpha^\circ}{57^\circ 3} \quad (4)$$

Необходимо отметить, что время, требуемое для набора информации, составляет 3-6 минут, поэтому все вычисления, связанные с определением значений радиусов кругов погрешностей, относятся именно к этим промежуткам времени. В связи с этим определение текущих значений и динамики изменения величин, входящих в состав критерия (1), на практике сопряжено с рядом технических проблем, и более эффективным методом оценки опасности столкновения становится использование обобщенного параметра, характеризующего это движение, а именно – изменения курсового угла (КУ) линии относительного движения (ЛОД) цели.

В отличие от существующего способа оценки опасности столкновения по постоянному значению допустимого расстояния кратчайшего сближения $D_{зао}$, параметры КУ и α требуют расчета на каждом обороте антенны и могут быть рассчитаны даже при криволинейном движении судна. Использование такого критерия оценки опасности столкновения предложено в [6].

В этом случае для оценки опасности сближения судов рассматривается неравенство:

$$\alpha - (\Delta\alpha' + \Delta\alpha'') \leq КУ \leq \alpha + (\Delta\alpha' + \Delta\alpha'') \quad (5)$$

где: КУ – курсовой угол цели, α – курсовой угол ЛОД судна-цели, $\Delta\alpha'$ – приращение угла α за счет размерений судов, $\Delta\alpha''$ – приращение угла α за счет радиусов кругов погрешностей обсервации, счисления и рыскания судов.

Необходимо отметить, что величина $\Delta\alpha'$ – является постоянной величиной для конкретного случая расхождения, а величина $\Delta\alpha''$ – зависит от многих факторов, доминирующими среди которых являются случайные и систематические погрешности определения места судна.

Если информация о скорости измерения КУ и α поступает от судовых автоматических навигационных систем (GPS, БРЛС, АИС), основным критерием для оценки опасности столкновения или опасного сближения будет неравенство вида:

$$\alpha - \Delta\alpha' \leq КУ \leq \alpha + \Delta\alpha' \quad (6)$$

Связано это с тем, что слагаемые $R_{об}, R_{сч}, R_p$, а, следовательно, и величина $\Delta\alpha''$, постоянно уточняются и фильтруются и поэтому имеют относительно малую величину, которой при определенных условиях можно пренебречь.

Как следует из неравенства (6), наиболее значимым фактором, влияющим на погрешность определения опасности сближения при использовании автоматизированных систем судовождения, становится учет собственных размерений судов.

Выводы. Предложенные критерии оценки опасности столкновения могут быть использованы как при ручном решении задачи расхождения, так и в средствах автоматизированной радиолокационной прокладки и системах управления движением судов [5, 7]. Использование автоматизированных систем определения места судна и прокладки курса позволяет свести к

минимуму погрешности, обусловленные определением радиусов кругов обсервации, счисления и рыскания, но, вместе с тем, обуславливает важность учета при анализе ситуации возможного столкновения, собственных размерений судов. Величина $L_{\max}$ для современных судов может достигать сотен метров, что требует при определении места обязательного учета такого параметра, как взаимное расположение приемной антенны спутниковой навигационной системы относительно корпуса судна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ажнин Б.П. Разность пеленгов между наблюдениями – критерий оценки опасности столкновения // Морской транспорт. Серия «Судовождение и связь» экспресс-информация М. В/о «МТИР». – 1986. – Вып. 3 (188). – С. 11–22.
2. Алексишин В.Г., Алексишин А.В. Зависимость параметров судовой безопасной зоны от стохастических позиционных погрешностей // Судовождение. – 2006. – № 12. – С. 3–10.
3. Алексишин А.В. Плавание в стесненных водах с учетом судовой безопасной зоны // Судовождение. – 2007. – № 13. – С. 3–8.
4. Алексейчук М.С. Основные принципы системы принятия оптимального решения при расхождении судов // Судовождение : Сб. науч. трудов ОГМА. – 1999. – Вып. 1. – С. 7–14.
5. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении. – Одесса : Морской тренажерный центр, 2008. – 235 с.
6. Мальцев А.С., Бенъ А.П., Нгуен Тхан Шон. Пристрій оцінки небезпеки зіткнення суден за курсовим кутом лінії відносного руху. / Деклараційний патент на корисну модель G08G 3|00 № u 2008 12021, пріоритет 10.10.2008.
7. Мальцев А.С., Орлов Е.О. Некоторые особенности применения АИС для предупреждения столкновений судов // Судовождение. – 2007. – № 14. – С. 71–78.
8. Цымбал Н.Н., Бурмака И.А., Тюпиков Е.Е. Гибкие стратегии расхождения судов. – Одесса : КП ОГТ, 2007. – 424 с.

**АНАЛІЗ ГВИНТОВОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГУНА
5ДКРН 70/226,8 ЗА ПИТОМОЮ ВИТРАТОЮ ПАЛИВА**

*Гончаренко А.В.,
Херсонський державний морський інститут*

Вступ. При роботі головного суднового двигуна у складі суднової енергетичної установки (СЕУ) з прямою передачею потужності на гвинт фіксованого кроку, головний двигун (ГД) працює за гвинтовою характеристикою. Економічність і ефективність роботи СЕУ та основного її елемента, яким є ГД, оцінюється за показниками витрат палива та коефіцієнтів корисної дії.

Актуальність досліджень. Періодичний моніторинг цих показників є важливим, оскільки раціональна витрата палива – це одна з основних експлуатаційних задач. Тому розгляд характеру зміни такого параметру, як питомої витрати палива для конкретного двигуна є актуальною задачею.

Постановка даної проблеми у загальному вигляді має зв'язок із проблемами підтримання належного технічного стану СЕУ, надійності та енергозбереження у ситуаціях, які передбачають науково обґрунтований пошук альтернатив та вибір з них оптимальних.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. По роботі [1] розглядаються варіанти вибору режиму керування дизелем, зокрема за критеріями економічності. Постановка однієї з задач містить:

«Снижение расхода топлива на судне и соответственно стоимости топлива может быть достигнуто путем уменьшения текущей силы сопротивления R , усовершенствования гидродинамической работы судна и гребного винта, повышения КПД главного двигателя η_e , элементов передачи η_n и утилизации тепла и мощности. Практически это означает стремление к максимальному приближению текущей винтовой характеристики к зоне минимального удельного эффективного расхода дизеля на его универсальной характеристике ...» [1, с. 274].

Робота [2] присвячена питанням розгляду режимів навантаження головних суднових дизелів, впливу зовнішніх факторів на режимні показники.

У роботі [3, с. 270, рис. 10.12] наведено гвинтову характеристику двигуна 5ДКРН 70/226,8, яку представлено на рисунку 1.

З урахуванням залежності потужності двигуна, яка, при роботі за гвинтовою характеристикою, повинна повністю поглинатися гребним гвинтом, від частоти обертання [3, с. 268, (10.5)]

$$N = c_2 \cdot n^m, \quad (1)$$

де N – потужність; c_2 – коефіцієнт пропорційності; n – частота обертання; m – показник ступеня (для водовиміщуючих суден $m=3$).

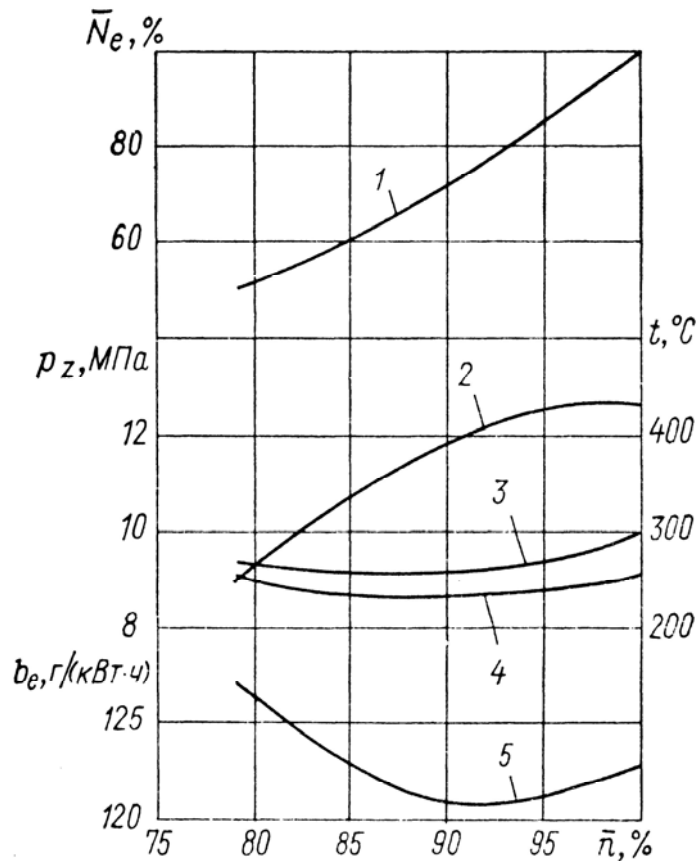


Рисунок 1. Гвинтова характеристика двигуна 5ДКРН 70/226,8:

1 – потужність; 2 – максимальний тиск у циліндрі; 3 – температура газів на виході з циліндрів; 4 – температура газів на виході з турбокомпресору; 5 – питома витрата палива

$$(N_{e \text{ ном}}=9000 \text{ кВт}, n_{\text{ном}}=95 \text{ хв}^{-1})$$

Відповідно до залежності [3, с. 268, (10.7)] зміни годинної витрати палива G_T

$$G_T \approx c_4 \cdot n^3, \quad (2)$$

де c_4 – постійна величина. Тобто, як і потужність (1), годинна витрата палива буде змінюватися приблизно за кубічною параболою.

У роботі [4] йдеться про забезпечення ресурсу та якості експлуатації дизелів на робочих режимах.

Невирішеною частиною загальної проблеми забезпечення надійності СЕУ, ГД та ефективного використання енергії лишається побудова математичної моделі, що враховує змінюваність параметрів c_2 та m при зміні частоти обертання n формули (1), так само як і параметру c_4 та показника ступеня у формулі (2), а також, у даному конкретному випадку, відсутність на рисунку 1 годинної витрати палива. До того ж абсолютні значення питомої ефективної витрати палива викликають небезпідставні сумніви.

Постановка завдання. Метою статті є побудова адекватної математичної моделі гвинтової характеристики двигуна 5ДКРН 70/226,8 за зміною параметрів потужності та питомої ефективної витрати палива і дослідження залежності для оптимальних значень питомої ефективної витрати палива.

Основний матеріал. Після зняття параметрів при побудові гвинтової характеристики застосовуються методи апроксимації. За умови постійних величин параметрів c_2 , c_4 та $m=3$ при зміні частоти обертання n та виходячи з формул (1, 2), неможливо отримати гвинтову характеристику двигуна 5ДКРН 70/226,8 у такому вигляді, як це показано на рисунку 1. Якщо годинна витрата палива буде змінюватися приблизно за кубічною параболою (2) [3, с. 268, (10.7)], при кубічній залежності потужності від частоти обертання колінчастого валу двигуна (1), то буде отримано залежність зміни питомої ефективної витрати палива від частоти обертання лінійного характеру у вигляді постійної величини. При постійних c_2 та $m=3$ потужність у відповідному діапазоні змінюється за кривою 1, показаною на рисунку 1.

Постановка задачі. Для ГД 5ДКРН 70/226,8, коли він працює за гвинтовою характеристикою [3, с. 270, рис. 10.12], з метою побудови адекватної математичної моделі за характерні точки приймемо значення

відносної частоти обертання $\bar{n} = \frac{n}{n_{\text{ном}}}$, де $n_{\text{ном}}$ – частота обертання на

номінальному режимі, що становлять $\bar{n}_x$, $\bar{n}_o$, $\bar{n}_{\text{ном}}$ на режимах знижених обертів, мінімальної питомої ефективної витрати палива та номінальному

відповідно. Відносна ефективна потужність двигуна $\bar{N}_e = \frac{N_e}{N_{e \text{ ном}}}$, де N_e –

ефективна потужність двигуна, $N_{e \text{ ном}}$ – ефективна потужність двигуна на

номінальному режимі, буде виходячи з (1) пропорційною кубу $\bar{n}$, при незмінних коефіцієнті c_2 та $m = 3$ $\bar{N}_e = \bar{n}^3$, а на номінальному режимі

$\bar{N}_{e \text{ ном}} = \bar{n}_{\text{ном}} = 1$. Тоді, на режимах знижених обертів, мінімальної питомої ефективної витрати палива та номінальному отримаємо $\bar{N}_{e x}$, $\bar{N}_{e o}$, $\bar{N}_{e \text{ ном}}$

відповідно. Використавши графік 1 (рис. 1) [3, с. 270, рис. 10.12] та формулу (1), отримаємо:

$$c_2 = \frac{N_{e \text{ ном}}}{n_{\text{ном}}^3}, \quad N_e(n) = c_2 \cdot n^3 \quad (3)$$

Значення для погодинної витрати палива G_T на тих самих режимах дістанемо з рівняння, яке слугує для визначення вже відомої величини питомої ефективної витрати палива:

$$g_e = \frac{G_T}{N_e}, \quad (4)$$

де g_e – відповідні до вказаних режимів значення для b_e , зняті з графіка 5, рис. 1. Звідки:

$$G_T = g_e \cdot N_e. \quad (5)$$

Таким чином отримуємо G_{T_x} , G_{T_o} , $G_{T_{ном}}$ при відповідній частоті обертання $\bar{n}_x$, $\bar{n}_o$, $\bar{n}_{ном}$. Точкові значення апроксимуються залежністю (2), застосовуючи вирази для значень коефіцієнту c_4 на відповідних режимах:

$$A = \frac{G_{T_x}}{n_x^3}, \quad B = \frac{G_{T_o}}{n_o^3}, \quad C = \frac{G_{T_{ном}}}{n_{ном}^3}, \quad (6)$$

де A , B , C – відповідні до вказаних режимів значення коефіцієнту c_4 .

Коефіцієнти (6) апроксимуються системою нелінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{cases} A = a \cdot \left(\frac{n_x}{n_{ном}} \right)^2 + b \cdot \frac{n_x}{n_{ном}} + d \\ B = a \cdot \left(\frac{n_o}{n_{ном}} \right)^2 + b \cdot \frac{n_o}{n_{ном}} + d \\ C = a \cdot \left(\frac{n_{ном}}{n_{ном}} \right)^2 + b \cdot \frac{n_{ном}}{n_{ном}} + d \end{cases}, \quad (7)$$

де a , b , d – відповідні невідомі шукані коефіцієнти апроксимаційної формули.

Маючи систему трьох рівнянь з трьома невідомими (7), отримуємо невідомі коефіцієнти a , b , d апроксимуючої залежності для коефіцієнтів рівнянь (6) A , B , C . Відповідну формулу для параметру c_4 залежно від швидкості обертання маємо у вигляді:

$$c_4(n) = a \cdot \left(\frac{n}{n_{ном}} \right)^2 + b \cdot \frac{n}{n_{ном}} + d. \quad (8)$$

Тоді з урахуванням рівняння (2) погодинна витрата палива, як функція від частоти обертання, що задовольняє умовам (4, 5):

$$G_T(n) = c_4(n) \cdot n^3 = \left[a \cdot \left(\frac{n}{n_{ном}} \right)^2 + b \cdot \frac{n}{n_{ном}} + d \right] \cdot n^3. \quad (9)$$

Таким чином, дістаємо відсутню на рисунку 1 залежність $G_T(n)$, яка адекватно відтворює зображену графіком 5 залежність питомої ефективної витрати палива від відносної швидкості обертання колінчастого валу двигуна 5ДКРН 70/226,8, що працює за номінальною гвинтовою характеристикою. Побудовані графіки, наведені на рисунку 2, практично не відрізняються від графіків рисунку 1, чим показують ідентичність математичної моделі та доводять достовірність отриманих залежностей.

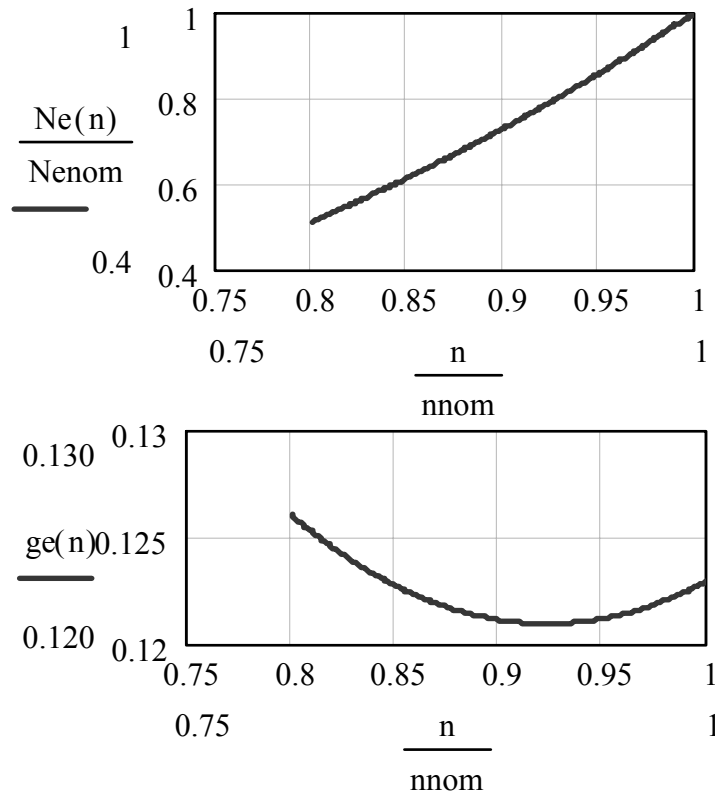


Рисунок 2. Розрахункова гвинтова характеристика двигуна 5ДКРН 70/226,8

Питома ефективна витрата палива залежно від частоти обертання з урахуванням (4, 9, 3) буде мати такий аналітичний вигляд:

$$g_e(n) = \frac{G_r(n)}{N_e(n)}. \quad (10)$$

При зміні гвинтової характеристики, відповідним чином змінюються коефіцієнти c_2 , c_4 виразів (1, 2), тобто величина $c_4(n)$ формул (8, 9) пов'язана зі зміною c_2 . У даній постановці промодельємо цей зв'язок через коефіцієнт b , що впливає на $c_4(n)$ та входить до складу системи рівнянь (7) та виразів (8, 9).

Виходячи з нелінійності зв'язку між b та c_2 , у даній постановці застосуємо апроксимацію квадратичною параболою, подібно до залежностей (7, 8). У такому разі для номінальної гвинтової характеристики маємо пару значень (b, c_2) ; для гвинтової характеристики важчої за номінальну (b_b, c_{2b}) ; легшої (b_l, c_{2l}) .

Відповідна система нелінійних рівнянь для апроксимації залежності між коефіцієнтами b та c_2 :

$$\left\{ \begin{array}{l} b_b = X \cdot (c_{2b})^2 + Y \cdot c_{2b} + Z \\ b = X \cdot (c_2)^2 + Y \cdot c_2 + Z \\ b_l = X \cdot (c_{2l})^2 + Y \cdot c_{2l} + Z \end{array} \right\}, \quad (11)$$

де X, Y, Z – відповідні невідомі шукані коефіцієнти апроксимаційної формули.

Таким чином, як і у випадку системи (7), маємо три рівняння з трьома невідомими, з яких дістаємо коефіцієнти X, Y, Z . Тоді залежність b від c_2 :

$$b(c_2) = X \cdot (c_2)^2 + Y \cdot c_2 + Z. \quad (12)$$

Підставивши вираз (12) у формулу (9), маємо:

$$G_T(n) = \left[a \cdot \left(\frac{n}{n_{\text{ном}}} \right)^2 + (X \cdot c_2^2 + Y \cdot c_2 + Z) \cdot \frac{n}{n_{\text{ном}}} + d \right] \cdot n^3. \quad (13)$$

Питома ефективна витрата палива відповідно до (10, 13, 3):

$$g_e(n) = \frac{\left[a \cdot \left(\frac{n}{n_{\text{ном}}} \right)^2 + (X \cdot c_2^2 + Y \cdot c_2 + Z) \cdot \frac{n}{n_{\text{ном}}} + d \right] \cdot n^3}{c_2 \cdot n^3}. \quad (14)$$

Для відшукування залежності зміни оптимальних значень питомої ефективної витрати палива при зміні гвинтової характеристики застосуємо метод, залучений у роботі [5] для побудови графіків оптимальних значень. З умови:

$$\frac{\partial g_e(n, c_2)}{\partial n} = f(n, c_2) = 0 \quad (15)$$

отримуємо:

$$c_{2 \text{ опт}}(n) = \varphi(n). \quad (16)$$

Остаточно:

$$g_{e \text{ опт}}(n) = g_e(n, c_{2 \text{ опт}}(n)). \quad (17)$$

У розгорнутому вигляді:

$$g_{e \text{ опт}}(n) = \frac{\left[a \cdot \left(\frac{n}{n_{\text{ном}}} \right)^2 + (X \cdot (c_{2 \text{ опт}}(n))^2 + Y \cdot (c_{2 \text{ опт}}(n)) + Z) \cdot \frac{n}{n_{\text{ном}}} + d \right] \cdot n^3}{(c_{2 \text{ опт}}(n)) \cdot n^3}. \quad (18)$$

Розв'язання задачі. При розв'язанні задачі, з графіку 1 рисунку 1 [3, с. 270, рис. 10.12] для режимів $\bar{n}_x, \bar{n}_o, \bar{n}_{\text{ном}}$ знімаємо відповідні значення відносної ефективної потужності $\bar{N}_{ex}, \bar{N}_{eo}, \bar{N}_{e \text{ ном}}$ та з графіку 5 питомої ефективної витрати палива b_e (для даної постановки застосовується позначення g_e), відповідно до яких, за процедурою, що виписана формулами (3-9), отримуємо погодинну витрату палива $G_m(n)$. З рівняння (10) маємо

питому ефективну витрату палива $g_e(n)$ при роботі ГД 5ДКРН 70/226,8 за номінальною гвинтовою характеристикою, для вказаних нижче значень параметрів формул, графік $g_e(n)$ показано на рисунку 2.

Зміна гвинтової характеристики, модельована зв'язком між b та c_2 , приводить через формули (11-13) до інших залежностей питомої ефективної витрати палива $g_e(n)$, вираз (14). Положення оптимальних значень змінюється.

Шляхом застосування методу, викладеного за формулами (15-18) отримуємо:

$$\frac{\partial g_e(n, c_2)}{\partial n} = f(n, c_2) = \frac{\left[2 \cdot a \cdot \frac{n}{n_{\text{ном}}^2} + \frac{(X \cdot c_2^2 + Y \cdot c_2 + Z)}{n_{\text{ном}}} \right]}{c_2} = 0. \quad (19)$$

Звідки, розв'язуючи квадратне рівняння, маємо корені:

$$c_{2 \text{ opt}}(n) = \begin{cases} c_{2_1} = \frac{-n_{\text{ном}} \cdot Y + \sqrt{n_{\text{ном}}^2 \cdot Y^2 - 8 \cdot n_{\text{ном}} \cdot X \cdot a \cdot n - 4 \cdot n_{\text{ном}}^2 \cdot X \cdot Z}}{2 \cdot n_{\text{ном}} \cdot X} \\ c_{2_2} = \frac{-n_{\text{ном}} \cdot Y - \sqrt{n_{\text{ном}}^2 \cdot Y^2 - 8 \cdot n_{\text{ном}} \cdot X \cdot a \cdot n - 4 \cdot n_{\text{ном}}^2 \cdot X \cdot Z}}{2 \cdot n_{\text{ном}} \cdot X} \end{cases}. \quad (20)$$

Корінь c_{2_2} дає від'ємні значення питомої ефективної витрати палива $g_e(n)$, тому повинен бути відкинутий, як такий, що не має фізичного сенсу. Остаточно отримуємо аналітичний вираз для кривої зміни оптимальних значень питомої ефективної витрати палива у вигляді (18).

Практичне застосування розв'язання задачі. Експериментально отримані значення для двигуна 5ДКРН 70/226,8 апроксимовані та представлені на рисунку 1 [3, с. 270, рис. 10.12]. Виходячи з чого $\bar{n}_x=0,8$; $\bar{n}_o=0,92$; $\bar{n}_{\text{ном}}=1,0$ на режимах знижених обертів, мінімальної питомої ефективної витрати палива та відповідно номінальному. З графіку 1 маємо відповідні значення відносної ефективної потужності $\bar{N}_{ex}=0,512$; $\bar{N}_{eo}=0,779$; $\bar{N}_{e \text{ ном}}=1,0$. Це становить в абсолютних значеннях $N_{ex}=4608$ кВт; $N_{eo}=7008$ кВт; $N_{e \text{ ном}}=9000$ кВт. Для g_e маємо $g_{ex}=0,126$ кг/(кВт·год.); $g_{eo}=0,121$ кг/(кВт·год.); $g_{e \text{ ном}}=0,123$ кг/(кВт·год.). Тоді погодинна витрата палива на трьох режимах роботи двигуна, що розглядаються, $G_{mx}=581$ кг/год.; $G_{mo}=848$ кг/год.; $G_{m \text{ ном}}=1107$ кг/год. Коефіцієнти A , B , C рівнянь (6, 7) для параметру c_4 залежно від швидкості обертання $A=1,323 \cdot 10^{-3}$; $B=1,27 \cdot 10^{-3}$; $C=1,291 \cdot 10^{-3}$. Коефіцієнти a , b , d апроксимуючої залежності $a=3,521 \cdot 10^{-3}$; $b=-6,498 \cdot 10^{-3}$; $d=4,268 \cdot 10^{-3}$. Коефіцієнти X , Y , Z $X=16,6$; $Y=0,1483$; $Z=-9,884 \cdot 10^{-3}$.

За результатами розрахунків будуються гвинтові характеристики. Обирається найбільш вигідний режим роботи двигуна у складі суднового пропульсивного комплексу.

Результати досліджень. Проведено математичне моделювання зміни гвинтової характеристики ГД 5ДКРН 70/226,8. Отримано аналітичні вирази параметрів, що використовуються для розрахунку питомої ефективної витрати палива. Залежності проілюстровано графіками на рисунках 2, 3. Зміна оптимальних значень питомої ефективної витрати палива має нелінійний характер.

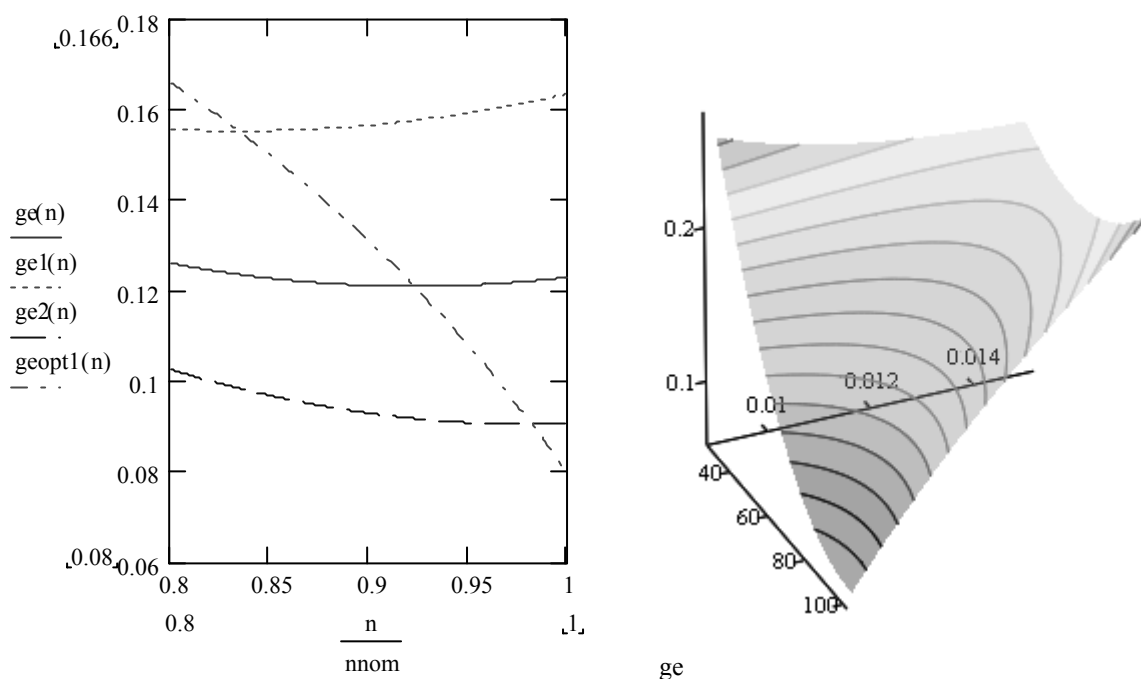


Рисунок 3. Питома ефективна витрата палива двигуна 5ДКРН 70/226,8

За формулами (16, 18–20) можна одразу визначити оптимальні значення питомої ефективної витрати палива, параметрів та частоти обертання.

Універсальна характеристика дає можливість обирати найбільш економічний режим роботи двигуна.

Реалістичні прогнозні значення питомої ефективної витрати палива для 5ДКРН 70/226,8 застосованого у якості ГД з безпосередньою передачею потужності на гребний гвинт фіксованого кроку, вказані у роботі [3, с. 270, рис. 10.12] (рис. 1) скоріш за все слід читати, як b_e , г/(к.с.·год.).

Мінімальна питома ефективна витрата палива становить у перерахунку з к.с. тієї чи іншої системи одиниць на кВт $g_{e \min} = 168 \div 170$ г/(кВт·год.).

Висновки. Проблеми надійності та енергозбереження пов'язані між собою через вибір оптимальних витрат палива (енергозбереження) та підтримання працездатного технічного стану СЕУ (надійності).

Достовірність та можливість застосування методу підтверджується ідентичністю отриманих результатів та вихідних даних випробувань, експлуатації та експериментів.

При виборі експлуатаційного режиму слід враховувати обмежувальні характеристики. Для з'ясування допустимих режимів та параметрів технічного стану СЕУ потрібні додаткові дослідження. Також необхідний статистичний матеріал стосовно однотипних суден.

У подальших дослідженнях має сенс розглянути вплив застосування економічних режимів роботи двигуна на швидкість ходу судна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Суворов П.С. Динамика дизеля в судовом пропульсивном комплексе. – Одесса : ОНМА, 2004. – 304 с.
2. Суворов П.С. Управление режимами работы главных судовых дизелей. – Одесса : ЛАТСТАР, 2000. – 238 с.
3. Судовые двигатели внутреннего сгорания : учебник / [Ю.Я. Фомин, А.И. Горбань, В.В. Добровольский, А.И. Лукин и др.] – Л. : Судостроение, 1989. – 344 с.
4. Суворов П.С. Рабочие процессы и режимы судовых двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие. – Одесса : ОНМА, 2007. – 192 с.
5. Гончаренко А.В. Керування підтриманням безпеки польотів через технічні та витратні чинники : дис. к-та техн. наук : 05.13.03. – К., 2005. – 198 с.

О ВВЕДЕНИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ БАЗОВЫХ ТЕРМИНОВ В ДИСЦИПЛИНУ «ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА»

*Миронов В.В., Токарев Л.И.,
Херсонский государственный морской институт,
Драгомарецкий Г.Г.,
ИПО «Одесский морской тренажерный центр», Херсонский филиал*

Введение. Термины и определения понятий в области электротехники устанавливаются соответствующими государственными стандартами. Отсутствие стандартизированных терминов и определений вызывает значительные неудобства в практической деятельности и в процессе обучения.

Изложение материала статьи. В настоящей статье предлагается временное, до появления соответствующего стандарта, введение 4-х определений:

- 1) нулевая защита;
- 2) минимальная защита;
- 3) опрокидывание электродвигателей;
- 4) саморегулирование электродвигателей.

1. Нулевая защита.

Как известно, нулевая защита предотвращает автоматическое повторное включение электроприводов, перед этим отключившихся вследствие отклонения параметров питающей сети или самого устройства (механизма) от допустимых значений.

В отсутствие этой защиты при восстановлении параметров питающей сети или самого устройства происходило бы не контролируемое человеком самопроизвольное включение электропривода, что может привести к аварии.

В используемых же учебниках и справочниках приводятся неточные и неполные определения упомянутого вида защиты.

Например, в подготовленном с использованием автоматизированного банка стандартизированных терминов Совтерм [1], определение понятия «нулевая защита» отсутствует.

В [2] приведено такое определение понятия «нулевая защита»: «Нулевая защита обеспечивает защиту от самозапуска двигателей при чрезмерном снижении или кратковременном исчезновении напряжения питающей сети». Недостаток такой формулировки состоит в том, авторы предполагают, что такая защита реагирует только на изменение напряжения.

В [3] есть несколько расширенное понятие: «Нулевая блокировка. Отключает привод при кратковременном исчезновении напряжения, в том числе и при срабатывании защиты от перегрузки. Определяет возможность ввода в действие электропривода только из нулевого положения поста управления». В приведенной формулировке вместо термина «нулевая

защита» используется термин «нулевая блокировка». Кроме того, отключение привода может произойти не только вследствие срабатывания защиты от перегрузок, но и в других случаях, например, при недопустимом изменении скорости, давления и т.п.

В [4] определение понятия «нулевая защита» не приводится, но есть такое: «На фидерах, отходящих от распределительных щитов, питающих электрические двигатели мощностью выше 0,5 кВт, должны устанавливаться устройства защиты от токов короткого замыкания и перегрузок, а также устройство нулевой защиты, если не требуется повторного автоматического пуска электрического двигателя. Защитные устройства по перегрузке и нулевой защите допускается устанавливать в пусковых устройствах электрических двигателей».

В [5] не приводится определение «нулевая защита», но есть такое (том 1-й): «Разновидностью реле напряжения являются нулевые реле, у которых задается только напряжение срабатывания, а отключение гарантируется при полном исчезновении напряжения. В узлах нулевой защиты используются, как правило, нулевые реле». Это утверждение не совсем правильно, так как на практике используемые в узлах нулевой защиты реле напряжения отключают питание при снижении напряжения до определенного значения, а не только «при полном исчезновении напряжения».

Из сказанного следует, что до сих пор в электротехнике отсутствует определение понятия «нулевая защита».

Значительный опыт работы на судах в качестве электромехаников и в учебных заведениях позволяет авторам статьи предложить как временное, до появления соответствующего стандартизированного определения, такое: *«Нулевая защита предназначена для предотвращения автоматического включения питания электротехнического устройства после исчезновения причин, перед этим вызвавших отключение этого питания».*

К таким причинам относятся недопустимое отклонение от заданных значений параметров питающей сети, электродвигателя и механизма».

К параметрам питающей сети относятся:

- 1) на постоянном токе – напряжение;
- 2) на переменном токе – напряжение и частота тока.

При снижении напряжения отключается:

- 1) в нерегулируемых приводах – линейный контактор;
- 2) в регулируемых – реле напряжения.

К параметрам двигателя можно отнести ток обмотки якоря (ротора) или статора.

При увеличении тока обмотки якоря сверх допустимого срабатывает, как правило, реле тока, тока обмотки статора – тепловое реле. Это также приводит к отключению линейного контактора или реле напряжения.

К параметрам механизма относятся давление, температура, частота вращения и т.п. Размыкающие контакты реле, контролирующих эти

параметры, включаются в цепь катушки линейного контактора (реле напряжения). При недопустимом отклонении параметров, контролируемых этими реле, их контакты размыкаются.

В качестве примера можно предложить схему нереверсивного магнитного пускателя (рис. 1).

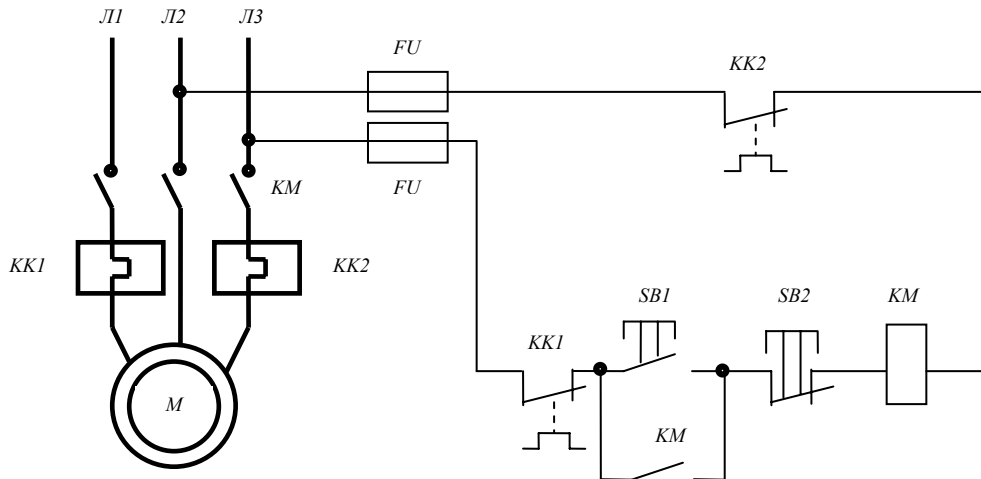


Рисунок 1. Принципиальная электрическая схема нереверсивного магнитного пускателя

В этой схеме при понижении напряжения питающей сети или срабатывания теплового реле КК1 (КК2) линейный контактор отключается КМ, а после восстановления напряжения или замыкания контактов теплового реле контактор можно включить только после нажатия кнопки SB1 «Пуск».

Нулевая защита применяется во всех судовых электроприводах, кроме рулевых.

2. Минимальная защита.

Минимальная защита используется только в рулевых электроприводах (рис. 2).

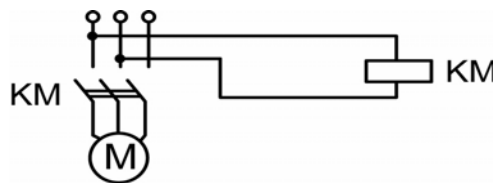


Рисунок 2. Принципиальная электрическая схема минимальной защиты

Схема на рис. 2 работает так:

при наличии напряжения контактор КМ включен, электродвигатель работает.

При снижении напряжения до значения напряжения отпускания, якорь контактора отпадает, контакты КМ в силовой части схемы размыкаются, двигатель отключается от сети.

При восстановлении напряжения до значения напряжения втягивания якорь притягивается, контактор включается, подключая электродвигатель к сети.

Таким образом, минимальная защита представляет собой защиту *по снижению напряжения*.

Поэтому для этого вида защиты можно предложить такую формулировку: *«Минимальная защита по напряжению предназначена для автоматического включения питания электротехнического устройства после восстановления напряжения»*.

Этот вид защиты применяется только в рулевых электроприводах. Как следует из схемы, для повторного, после восстановления напряжения, включения электродвигателя не требуется участие человека. Тем самым повышается безопасность мореплавания.

3. Опрокидывание электродвигателей.

Опрокидывание может наблюдаться в электроприводах как постоянного, так и переменного тока.

Для понятия «опрокидывание электродвигателя» может быть предложена следующая формулировка: *«Опрокидыванием электродвигателя называют его переход из нормального режима работы в режим стоянки под током или режим тормозного спуска (реверса)»*.

Условия и последствия опрокидывания электродвигателей переменного и постоянного тока – разные.

Двигатель постоянного тока в результате опрокидывания перейдет:

1) в режим стоянки под током при выполнении условия: если $M_{ст} = M_{к.з}$, т.е. статический момент механизма равен моменту короткого замыкания двигателя (моменту стоянки). В данном случае характер статического момента механизма не имеет значения;

2) в режим тормозного спуска при выполнении двух условий: а) если $M_{ст} > M_{к.з}$; б) статический момент механизма – активный.

Двигатель переменного тока в результате опрокидывания перейдет:

1) в режим стоянки под током при выполнении двух условий: а) если $M_{ст} > M_{кр}$, т.е. статический момент механизма больше критического момента двигателя; б) статический момент механизма – реактивный;

2) в режим тормозного спуска при выполнении двух условий: а) если $M_{ст} > M_{кр}$; б) статический момент механизма – реактивный.

Причины опрокидывания 3-фазных асинхронных двигателей следующие:

1) провал напряжения судовой сети;
2) повышение частоты тока питающей сети при частотном регулировании по закону: $f_1 = \text{var}, U_1 = \text{const}$;

3) при переключении обмотки статора с «треугольника» на «двойную звезду» при регулировании скорости изменением числа пар полюсов.

4. Саморегулирование электродвигателей постоянного и переменного тока.

Понятие «саморегулирование», формулировка которого предлагается ниже, имеет ключевое значение в понимании физических процессов, происходящих в системе «механизм-электродвигатель».

В основе этого явления лежит закон сохранения энергии.

Предлагается такая формулировка понятия «саморегулирование электродвигателя»: «Саморегулированием электродвигателя называют процесс автоматического изменения электромагнитного момента двигателя вследствие изменения статического момента механизма».

Для электродвигателей постоянного тока процесс саморегулирования можно записать в виде логической цепочки:

$$M_{ст} \uparrow \rightarrow \omega_{\partial\partial} \downarrow \rightarrow E = c\omega_{\partial\partial}\Phi \downarrow \rightarrow I_a = \frac{U - E}{r_a} \uparrow \rightarrow M = cI_a\Phi \uparrow$$

Словами: при увеличении механической нагрузки на валу (статического момента $M_{ст}$) скорость электродвигателя $\omega_{\partial\partial}$, а значит, значение противоэлектродвижущей силы обмотки якоря двигателя E уменьшаются, что приводит к увеличению тока якоря I_a и электромагнитного момента M .

Таким образом, сравнивая начало и конец логической цепочки, можно сделать вывод: увеличение статического момента механизма автоматически приводит к увеличению электромагнитного момента двигателя.

Аналогичная цепочка может быть записана для асинхронных электродвигателей.

При уменьшении статического момента механизма процесс протекает в обратном порядке.

Для синхронных неявнополюсных двигателей, у которых в пределах рабочего участка угловой характеристики $P(\theta)$ скорость ротора *неизменна*, логическая цепочка выглядит так:

$$M_{ст} \uparrow \rightarrow \theta \uparrow \rightarrow P = m \frac{UE_0}{X} \sin \theta \uparrow \rightarrow M_{эм} = \frac{P}{\omega} \uparrow,$$

где θ – угол отставания оси ротора от оси магнитного поля статора;

m – число фаз обмотки статора;

U – фазное напряжение обмотки статора;

E_0 – э.д.с. обмотки статора;

X – синхронное индуктивное сопротивление.

При уменьшении статического момента механизма процесс протекает в обратном порядке.

Аналогичную цепочку можно записать для синхронных явнополюсных двигателей.

Выводы. Предложения, изложенные в статье, позволят устранить разночтения в трактовке некоторых базовых понятий в теории

электропривода и тем самым облегчить изучение и применение на практике этих понятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электротехника. Терминология : справочник. – М. : Издательство стандартов, 1989.
2. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. – М. : Энергоатомиздат, 1983.
3. Бабаев А.М., Ягодкин В.Я. Автоматизированные судовые электроприводы. – М. : Транспорт, 1986.
4. Правила классификации и постройки морских судов (Правила Регистра). – СПб. : Регистр, 2008.
5. Судовые электроприводы : справочник в 2-х томах. – Л. : Судостроение, 1983.

ВЕРТИКАЛЬНІ КОЛИВАННЯ ВАНТАЖУ НА ШКЕНТЕЛІ СУДНОВОГО СТІЛОВОГО КРАНУ

*Овчарук О.М., Скрипка Г.Л.,
Херсонський державний морський інститут*

Вступ. Однією з проблем створення судових кранів є дотримання підвищених вимог щодо легкості конструкцій і їх безпечного використання. Вимога надійності й безпеки часто спонукає збільшувати запаси міцності вузлів і деталей машин, а це веде до збільшення їх маси. Маємо суперечність двох тенденцій, котрі можна узгодити лише обґрунтованим зменшенням коефіцієнтів запасу міцності конструкцій. А це, в свою чергу, потребує нарощування знань з динаміки вказаних машин.

Деякі дослідження в цьому напрямку проводились школою проф. Іванченка Ф.К. [1], але вони були обмежені переважно підвісами мостових кранів і дещо застаріли.

Процеси коливання вантажу на підвісах (шкентелях) стрілових кранів суттєво складніші, і тут основну роль, як побачимо далі, відіграють пружні сили в топенантах. Дослідити ці процеси надто важливо, бо при цьому вдається визначити динамічні навантаження в елементах конструкції.

Мета роботи. Метою роботи є побудова моделі динамічних процесів підйому вантажу на шкентелі стрілового крану (при пусках і загальмовуванні), визначення амплітуди і частоти коливань, а також – коефіцієнта динамічності. З'ясуємо, яким чином можна ці коливання обмежити. Розробимо алгоритм подібних розрахунків надалі.

Результати роботи можуть бути використані при створенні та експлуатації підйомно-транспортних машин іншого призначення, наприклад, у будівництві.

Результати дослідження. Методику дослідження проілюструємо на прикладі типового електрогідравлічного крану КЭГ 8018 (закордонний аналог – кран «Хегглундс»). Кінематична схема крану показана на рис. 1. На ній позначено:

- L_C – довжина стріли (у нашому випадку $L_C=20$ м);
- L_1 – довжина шкентеля;
- L_2 – довжина тросу-відтяжки від шкентеля;
- L_3 і L_4 – продовження тросу-відтяжки (L_4 – на приводному барабані);
- L_5 – довжина топенанту;
- L_6 – довжина тросу-відтяжки від топенанту;
- L_7 – продовження тросу-відтяжки на приводному барабані;
- β – кут нахилу стріли до горизонталі.

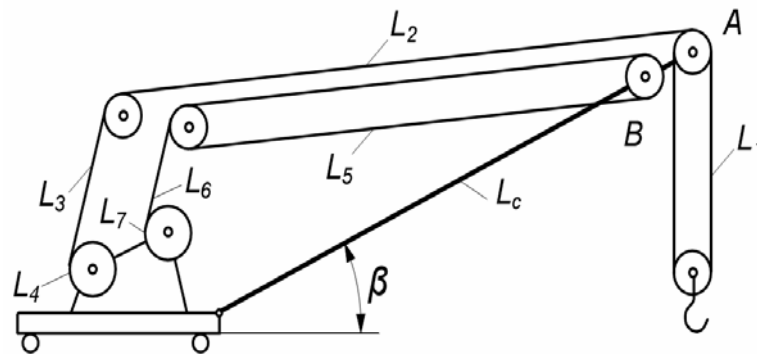


Рисунок 1. Кінематична схема крану

Розрахунки проведемо при $\beta \approx 25^\circ$, що відповідає екстремальному навантаженню топенанту, при якому напруження розтягнення тросів сягають максимально допустимих значень. Спрощена кінематична схема навантаження стріли показана на рис. 2. Осі блоків A і B практично співпадають. Кут α приблизно 20° .

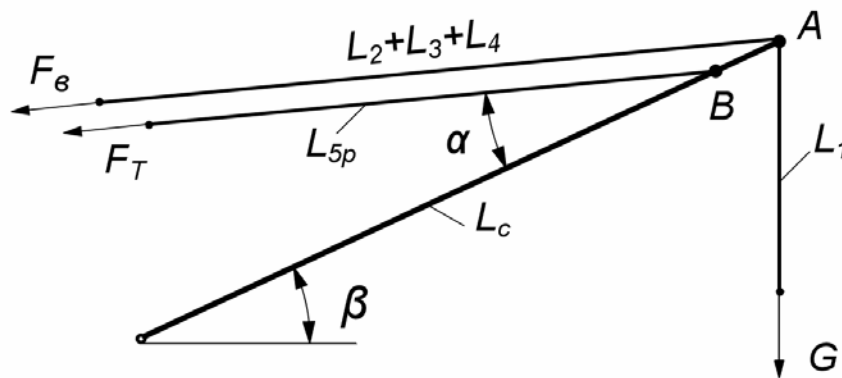


Рисунок 2. Спрощена схема навантаження стріли

На схемі:

L_{5p} – розрахункова довжина топенанту;

F_T – сила натягу топенанту;

F_b – сила натягу тросу-відтяжки від шкентеля.

Схема силового навантаження стріли показана на рис. 3.

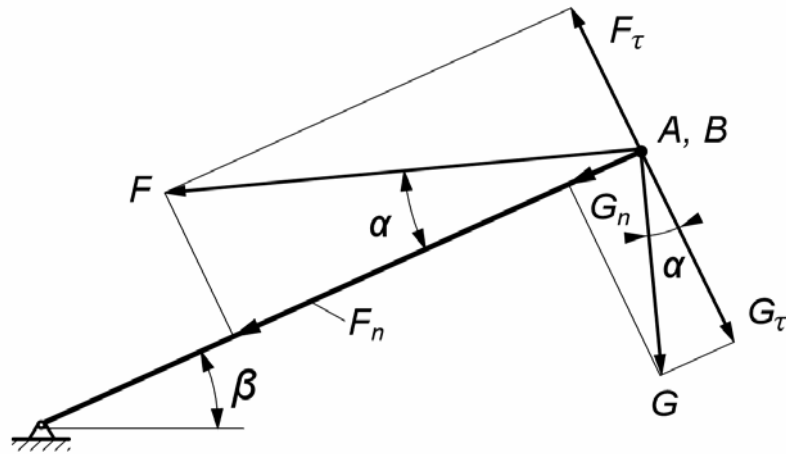


Рисунок 3. Схема силового навантаження стріли

Тут:

G – вага вантажу (зі складовими G_τ і G_n). За умовою $G=8 \cdot 10^4 \text{ Н}$.

F – сумарна сила натягу топенанту і тросу-відтяжки від шкентеля (зі складовими F_τ і F_n);

$$F = F_\tau + F_n \quad (1)$$

Для врівноваженої стріли:

$$F_\tau = G_\tau = G \cdot \cos \alpha$$

Тоді

$$F_n = F_\tau / \tan \alpha = G \frac{\cos \alpha}{\tan \alpha} \quad (2)$$

$$G_n = G \cdot \sin \alpha \quad (3)$$

Сила повздовжнього стиснення стріли:

$$F_c = F_n + G_n = G \left(\frac{\cos \alpha}{\tan \alpha} + \sin \alpha \right) \quad (4)$$

Формули (1)...(4) не враховують сил тертя в блоках А і Б, але для орієнтовних розрахунків їх надійність важливіша за ілюзорну точність.

Познайомившись таким чином з умовою задачі, визначимо послідовність наступних дій для досягнення поставленої в статті мети. Конкретно треба визначити:

- частоту вертикальних коливань вантажу;
- амплітуду цих коливань;

- коефіцієнт динамічності (тобто, у скільки разів динамічні навантаження в конструкції перевищують статичні).

Завдання вирішується у три етапи:

I. Визначаються величини деформацій стріли і канатної системи під дією номінального статичного навантаження, а відтак, і коефіцієнт жорсткості цієї системи.

II. Складається диференціальне рівняння руху вантажу по вертикалі під дією динамічних сил (пускового або гальмівного моментів).

III. Вирішується рівняння, знаходяться потрібні параметри, проводиться результативний аналіз.

1. Деформація видовження топенанту

За законом Гука:

$$\Delta L_T = \frac{F \cdot L_{sp}}{E \cdot S}, \quad (5)$$

де L_{sp} – розрахункова довжина топенанту з урахуванням одинарного подовження тросу.

$$L_{sp} = L_s + (L_6 + L_7)/n_2 \quad (6)$$

n_2 – кратність поліспасти топенанту, наприклад, $n_2=3$;

L_7 – відрізок тросу на барабані, що видовжується.

Приблизно, з урахуванням конструкції крану:

$$L_{sp} = L_c + 0,25 L_c / n_2 \quad (7)$$

E – модуль пружності тросу, $E=1,2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ [1];

S – сумарна площа перетину дротів тросу.

$$\frac{F}{S} = [\sigma] \quad (8)$$

$[\sigma]$ – допустимі напруження при розриві, $[\sigma]=300 \text{ МПа}$ [3].

Таким чином, орієнтовно

$$\Delta L_T = [\sigma] \cdot L_{sp} / E \quad (9)$$

Чисельно

$$L_{sp} = 20 + 0,25 \cdot 20 / 3 = 21,66 \text{ м}$$

$$\Delta L_T = 300 \cdot 10^6 \cdot 21,66 / 1,2 \cdot 10^{11} = 54,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

2. Деформація вкорочення стріли від стискання:

$$\Delta L_c = \frac{F_c \cdot L_c}{E_c \cdot S} \quad (10)$$

$$\frac{F_c}{S} = [\sigma_c] = 160 \text{ МПа} [2]$$

$$E_c = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$$

$$\text{Чисельно } \Delta L_c = [\sigma_c] \cdot L_c / E_c = 160 \cdot 10^6 \cdot 20 / 2 \cdot 10^{11} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

3. Зниження нока стріли (точки А) від сукупної дії деформацій топенанту і стріли

Ця задача може бути наочно вирішена графічно за допомогою рис. 4, виконаного в масштабі з дотриманням кута α . У нашому випадку

$$\Delta h = 0,186 \text{ м}$$

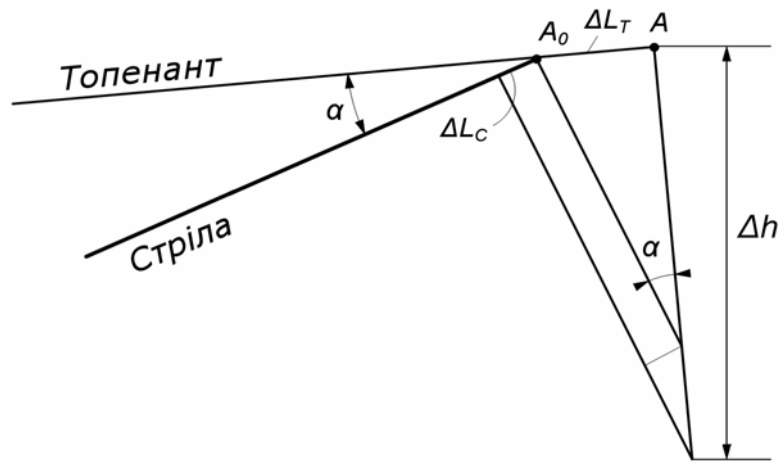


Рисунок 4. Зниження нока стріли

4. Деформація подовження шкентеля:

$$\Delta L_{ш} = \frac{G \cdot L_{1p}}{E \cdot S}, \quad (11)$$

де $G/S = [\sigma] = 200 \text{ МПа}$ (на максимальному вильоті можливе недовантаження шкентеля).

$$E = 1,2 \cdot 10^{11} \text{ Па},$$

$$L_{1p} = L_1 + (L_2 + L_3 + L_4) / n_1, \quad (12)$$

де n_1 — кратність поліспасти шкентеля (наприклад, 2).

Чисельно $L_1 \approx L_c \cdot \sin \beta = 20 \cdot \sin 25^\circ = 6,85 \text{ м}$

$$L_{1p} = 6,85 + 0,25 L_c / 2 = 9,35 \text{ м}$$

$$\Delta L_{III} = 200 \cdot 10^6 \cdot 9,35 / 1,2 \cdot 10^{11} = 64 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Загальна величина опускання вантажу під власною вагою:

$$\Delta L_{заг} = \Delta h + \Delta L_{III} = 0,186 + 0,064 = 0,25 \text{ м}.$$

Коефіцієнт жорсткості підвіски вантажу:

$$C = \frac{G}{\Delta L_{заг}} = \frac{8 \cdot 10^4}{0,25} = 3,2 \cdot 10^5 \text{ Н/м} . \quad (13)$$

5. Диференційне рівняння руху вантажу в нестационарному режимі матиме вигляд:

$$m\ddot{u} = -cu + \lambda t \quad (14)$$

де m – маса вантажу;

u – вісь руху вантажу (по вертикалі вгору) у тій системі координат, що рухалась разом з вантажем до початку неусталеного руху;

t – час руху;

λ – коефіцієнт наростання сили в шкентелі у фазі розгону вантажу вгору при пуску приводу або у фазі загальмовування, коли вантаж рухається вниз.

Пусковий момент електродвигуна приблизно вдвічі перевищує номінальний статичний момент підйому вантажу. Норма гальмівного моменту також подвійна відносно номінального моменту. Тому можна ввести коефіцієнт k перевищення динамічного моменту $M_{дин}$ над статичним.

Приблизно $k=2$, тоді:

$$M_{дин} = k * M_{стат}$$

Це рівнозначно тому, що до сили натягу шкентеля G додається додаткова сила F_n , або:

$$F_n = (k - 1) \cdot G \quad (15)$$

Тоді $\lambda = F_n / t_n = (k - 1)G / t_n , \quad (16)$

де t_n – час дії неврівноваженого моменту (або сили F_n).

Попередні дослідження показали, що при застосуванні електроприводу $t_n \approx 0,5 \text{ с}$.

Таким чином, матимемо орієнтовно:

$$\lambda = (2 - 1)G/0,5 = 2G H/c \quad (17)$$

Рівняння (14) набуває наступного канонічного вигляду (для фази нестабільного руху):

$$\ddot{u} + \frac{c}{m}u = \frac{\lambda}{m}t \quad (18)$$

Це неоднорідне диференціальне рівняння другого порядку зі сталими коефіцієнтами для коливальних рухів.

У рівнянні (18) не врахована маса стріли, котра також виконує вимушені коливання синхронно з вантажем. Але приведена до носа маса стріли мала, а її коливання слабші, ніж коливання вантажу, тому нею можна знехтувати або збільшити умовно масу вантажу (за розрахунками приблизно на 2 %).

6. Загальне розв'язання рівняння (18) має вигляд:

$$u = A \cdot \sin(\omega_0 t + \psi) + Bt, \quad (19)$$

$$\text{де } \omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} \text{ (кругова частота коливань).} \quad (20)$$

Підставляємо (19) у (18):

$$-A \cdot \omega_0^2 \cdot \sin(\omega_0 t + \psi) + \omega_0^2 \cdot A \cdot \sin(\omega_0 t + \psi) + \omega_0^2 \cdot Bt = \frac{\lambda}{m}t.$$

$$\text{Звідси} \quad B = \frac{\lambda}{m\omega_0^2}. \quad (21)$$

Амплітуду A і початкову фазу ψ визначимо з початкових умов:

$$\begin{aligned} \text{при} \quad & t=0, \quad u_0=0, \quad \dot{u}_0 = 0 \\ & u_0 = A \cdot \sin \psi = 0 \Rightarrow \psi = 0 \\ & \dot{u} = A \cdot \omega_0 \cos(\omega_0 t) + B \\ & \dot{u}_0 = A \cdot \omega_0 + B = 0 \end{aligned} \quad (22)$$

$$|A| = \frac{B}{\omega_0} = \frac{\lambda}{m\omega_0^3} \quad (23)$$

Перевіримо результат за правилом розмірностей:

$$[A] = \frac{[\lambda]}{[m] \cdot [\omega_0^3]} = \frac{H/c \cdot c^3}{\kappa z \cdot 1} = \frac{\kappa z \cdot m \cdot c^2}{c^2 \cdot \kappa z} = m.$$

Вірно.

Одержимо конкретні дані в нашому прикладі ($G=8 \cdot 10^4 H$, $L_C=20 m$).

1. *Кругова частота коливань*

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{3,2 \cdot 10^5}{8 \cdot 10^4}} \cdot 9,8 = 6,2 c^{-1}.$$

Циклічна частота

$$\nu = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{6,2}{2 \cdot 3,14} = 0,99 \text{ (1 Гц)}.$$

2. *Амплітуда, з урахуванням (20)*

$$A = \frac{\lambda}{m\omega_0^3} = \frac{2 \cdot G \cdot g}{G \cdot 6,2^3} = \frac{2g}{6,2^3} = \frac{2 \cdot 9,8}{6,2^3} = 0,0822 m.$$

3. *Коефіцієнт динамічності*

У загальному вигляді:

$$K_o = \frac{m\ddot{u}_{\max} + mg}{mg} = \frac{\ddot{u}_{\max} + g}{g}. \quad (24)$$

Відповідно до (22):

$$\ddot{u} = -A \cdot \omega_0^2 \sin(\omega_0 t),$$

$$\ddot{u}_{\max} = A \cdot \omega_0^2.$$

У прикладі

$$\ddot{u}_{\max} = 0,0822 \cdot 6,2^2 = 3,16 m/c^2,$$

$$K_o = \frac{3,16 + 9,8}{9,8} = 1,32.$$

Якщо час пуску t_n розтягнути до 1 с, відповідно одержимо такі дані:

$$\lambda = \frac{G}{1} = 8 \cdot 10^4 H/c$$

$$A = 0,0411 m$$

$$\ddot{u}_{\max} = 1,58 m/c^2$$

$$K_{\partial} = \frac{1,58 + 9,8}{9,8} = 1,16.$$

Частота коливань залишається тією самою. Якщо розглянути задачу раптового прикладання додаткової сили $F_n = G$ (з відповідним розв'язанням диференційного рівняння), то одержимо: $A = 0,25$ м, $K_{\partial} = 2$. Дані розрахунку показані на рис. 5.

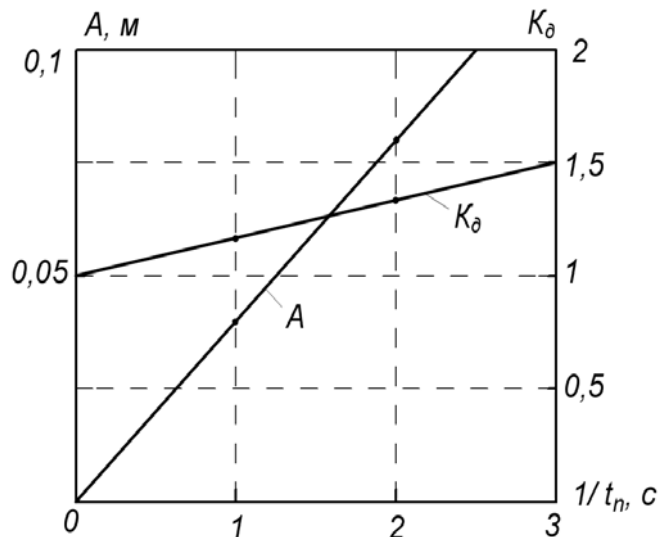


Рисунок 5. Залежність амплітуди A і коефіцієнта K_{∂} від зміни сил t_n

Висновки. Запропоновано математичну модель та алгоритм визначення пружних деформацій підвіски вантажу на стрілі крану і відповідних коливань його під дією зовнішніх динамічних сил. Визначені частота, амплітуда коливань і динамічний коефіцієнт.

Встановлено, що коли стріла крану наближається до горизонталі (кут нахилу $0 \dots 25^\circ$), пружне опускання вантажу значне, причому опускання за рахунок видовження топеланту в $3 \dots 4$ рази більше, ніж за рахунок видовження шкентеля. Частота вертикальних коливань вантажу за номінального режиму невелика (у нашому випадку 1 Гц), але при зменшенні маси збільшується.

Амплітуда коливань A та коефіцієнт динамічності K_{∂} залежать від швидкості зміни зовнішніх сил (при пуску або загальмовуванні). Якщо сила на шкентелі (початкова) подвоюється за 1 секунду:

$$K_{\partial} = 1,16, A = 40 \text{ мм (у нашому випадку);}$$

якщо подвоюється за 0,5 секунди:

$$K_{\partial} = 1,32, A = 80 \text{ мм;}$$

якщо сила подвоюється раптово, то (теоретично):

$$K_{\partial} = 2, A = 250 \text{ мм.}$$

Звідси випливає, що різні зміни зовнішніх сил протягом менш ніж 0,5...1 с небажані. Дотриматись цієї вимоги можна за рахунок збільшення моменту інерції гальмівного шківу або засобами автоматики.

Маса стріли на вертикальні коливання вантажу практично не впливає.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Иванченко Ф.К. Конструкция и расчет подъемно-транспортных машин. – К. : Вища школа, 1993. – 393 с.
2. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины и палубные механизмы. – М. : Высшая школа, 1985. – 405 с.
3. Камнев Г.Ф., Кипринский П.Р., Балин В.М. Подъемно-транспортные машины и палубные механизмы. – М. : Транспорт, 1976. – 367 с.
4. Международная конвенция СОЛАС-74.

УЧЕТ ТРАЕКТОРИИ ЦИРКУЛЯЦИИ СУДНА ПРИ ПЛАВАНИИ НА МЕЛКОВОДЬЕ

*Спешилов В.М.,
Херсонский государственный морской институт*

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими задачами. Одним из главных требований к транспортному флоту является обеспечение безопасности мореплавания и охраны морской среды. Наибольшее количество аварий при плавании на мелководье связано с посадкой судна на мель, которая нередко сопряжена с загрязнением морской акватории нефтепродуктами из-за утечки судовых запасов горюче-смазочных материалов. Одной из основных причин посадки судна на мель является погрешность прокладки траектории циркуляции судна на карте, которая возникает от того, что на практике траекторию циркуляции наносят без учета влияния мелководья на поворотливость судна.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. В учебнике для вузов «Управление судном» 2004 года издания [1] приводится метод расчета диаметра циркуляции и выдвига траектории циркуляции судна при плавании на мелководье. В учебнике для вузов «Навигация» 1986 года издания [2] разработан способ прокладки на карте экспериментальной траектории циркуляции судна, которая согласно требованиям Циркуляра Комитета по Безопасности Мореплавания ИМО MSC Circ. 644 получена из натурных испытаний на глубокой воде. Применение этого способа без учета влияния мелководья на поворотливость судна приводит к погрешности прокладки траектории циркуляции судна, величина которой достигает 5-ти кабельтовых, что не допустимо, особенно при плавании в стесненных водах.

Цель статьи. Целью данной статьи является разработка способов прокладки траектории циркуляции с учетом влияния мелководья на поворотливость судна.

Изложение основного материала исследования. Суть способа прокладки траектории циркуляции с учетом влияния мелководья на поворотливость судна сводится к расчету переходных коэффициентов, с помощью которых определяют экспериментально-расчетные параметры траектории циркуляции судна при плавании на мелководье:

$$K_D = \frac{D_{\text{ЭП}}}{D_3}, \quad (1)$$

$$K_{L1} = \frac{l_{1\text{ЭП}}}{l_3}, \quad (2)$$

где $D_{\text{э}}$ – диаметр циркуляции экспериментальной траектории циркуляции судна;

$D_{\text{эп}}$ – экспериментально-расчетный диаметр циркуляции, величину которого рассчитывают по формуле А.Д.Гофмана:

$$D_{\text{эп}} = \frac{D_{\text{э}}}{1 + 0,1\left(\frac{T}{H}\right) - 0,7\left(\frac{T}{H}\right)^2}, \quad (3)$$

$l_{\text{лэ}}$ – выдвиг экспериментальной траектории циркуляции;

$l_{\text{лэп}}$ – экспериментально-расчетный выдвиг траектории циркуляции, величину которого рассчитывают по формуле В.Н.Нестеренко:

$$l_{\text{лэп}} = 2,38L + 0,36 D_{\text{эп}}, \quad (4)$$

где T – осадка судна;

H – глубина моря в районе плавания;

L – длина судна.

Таким образом,

$$K_D = \frac{D_{\text{эп}}}{D_{\text{э}}} = \frac{1}{1 + 0,1\left(\frac{T}{H}\right) - 0,7\left(\frac{T}{H}\right)^2} \quad (5)$$

$$K_{Ll} = \frac{l_{\text{лэп}}}{l_{\text{лэ}}} = \frac{2,38L + 0,36D_{\text{эп}}}{l_{\text{лэ}}}. \quad (6)$$

На рис. 1 представлена диаграмма экспериментальной траектории циркуляции балкера в полном грузу на скорости хода 8,5 узлов при угле перекладки руля 10° , который имеет следующие весовые и линейные характеристики: весовое водоизмещение $D = 30\,000$ т, длина корпуса между перпендикулярами $L = 182,9$ м, средняя осадка $T_{\text{ср}} = 10,3$ м.

Исходя из экспериментальных величин диаметра циркуляции $D_{\text{э}} = 6,7$ кб и выдвиг $l_{\text{лэ}} = 4,9$ кб, а также длины $L = 182,9$ м, рассчитывают с помощью формул (5) и (6) коэффициенты K_D и K_{Ll} и строят график зависимости этих коэффициентов от соотношения осадки судна и глубины моря (рис. 2).

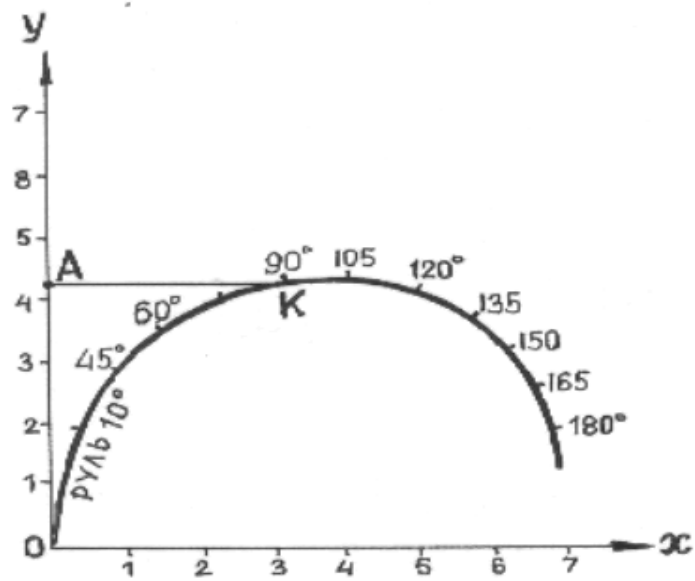


Рисунок 1. Експериментальна діаграма циркуляції

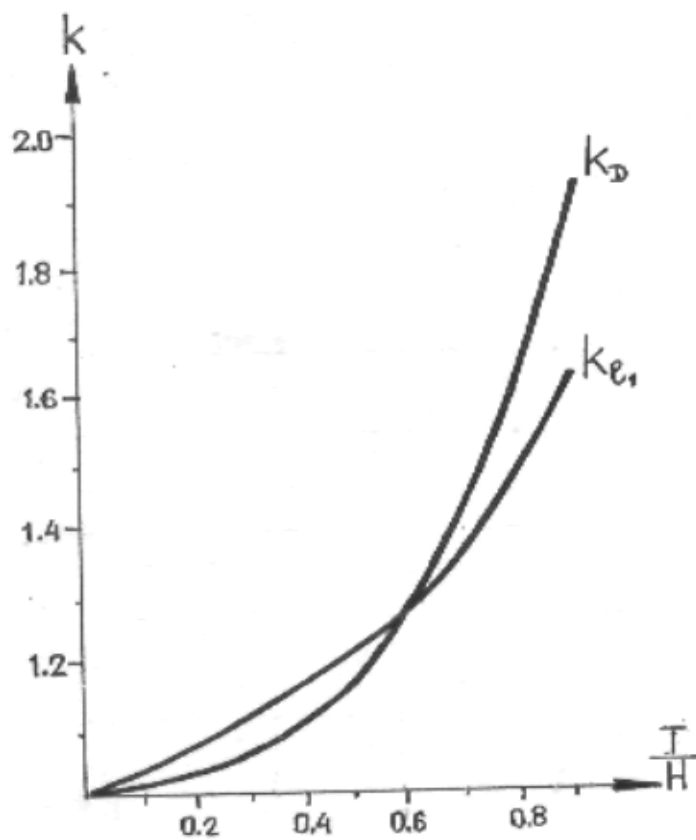


Рисунок 2. Графік перехідних коефіцієнтів

Анализ графика показывает, что при соотношении $\frac{T}{H} = 0,3$ – величина коэффициентов K_D и K_{Ll} менее 1,05. Поэтому при плавании в районе с глубинами моря, равными трем осадкам судна и более – близость грунта практически не оказывает влияние на поворотливость судна.

Допустим, необходимо нанести на карте траекторию циркуляции судна при повороте судна с начального курса 10° на конечный курс 100° (рис. 3):

1. Рассчитывают угол поворота судна $\alpha = IK_2 - IK_1 = 100^\circ - 10^\circ = 90^\circ$.
2. Из точки «90°» кривой диаграммы циркуляции проводят прямую под углом 90° к оси ординат.
3. Ординату точки «90°»: $Y_{90^\circ \text{Э}} = 4,3$ кб откладывают в масштабе карты на линии начального курса 10° и получают начальную точку поворота «0».
4. Абсциссу точки «90°»: $X_{90^\circ \text{Э}} = 3,2$ кб откладывают на линии конечного курса 100° и получают конечную точку поворота «К».
5. Точки «0» и «К» соединяют плавной кривой и получают реальную траекторию циркуляции в районе плавания с глубинами 30 м и более.

Если, например, глубина в районе циркуляции судна 13 метров, то абсциссу и ординату точки «90°» откладывают с учетом коэффициентов K_D и K_{Ll} , которые выбирают по графику на рисунке 2

для $\frac{T}{H} = \frac{10,3}{13} = 0,79$:

$$K_D = 1,6; K_{Ll} = 1,45 \rightarrow X_{90^\circ \text{ЭР}} = X_{90^\circ \text{Э}} \times K_D = 3,2 \times 1,6 = 5,1 \text{ кб},$$

$$Y_{90^\circ \text{ЭР}} = Y_{90^\circ \text{Э}} \times K_{Ll} = 4,3 \times 1,45 = 6,2 \text{ кб}.$$

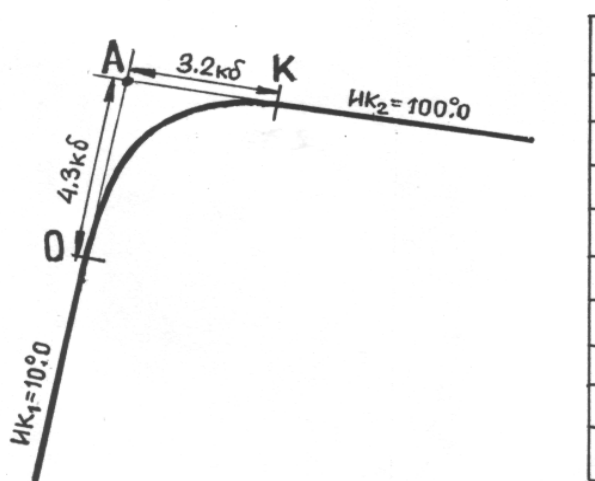


Рисунок 3. Построение траектории циркуляции судна при повороте (с начального курса 10° на конечный курс 100°)

Такой способ прокладки траектории циркуляции на мелководье приемлем в процессе планирования рейса перед выходом судна в море.

Если возникает необходимость прокладки траектории циркуляции на ходу судна, то из-за дефицита времени целесообразно использовать экспериментально-расчетную диаграмму циркуляции судна (рис. 4), на координатных осях которой нанесены шкалы для глубин моря $H=30$ м (глубокая вода), $H=21$ м, $H=15$ м, $H=13$ м и $H=12$ м. Такой спектр глубин обеспечивает равномерное изменение величины переходных коэффициентов с небольшим диапазоном $\approx 0,15$.

Линейный масштаб каждой шкалы определяется с помощью переходных коэффициентов:

$$M_{\text{э}p_x} = \frac{M_{\text{э}}}{K_D}; \quad M_{\text{э}p_y} = \frac{M_{\text{э}}}{K_{L1}}.$$

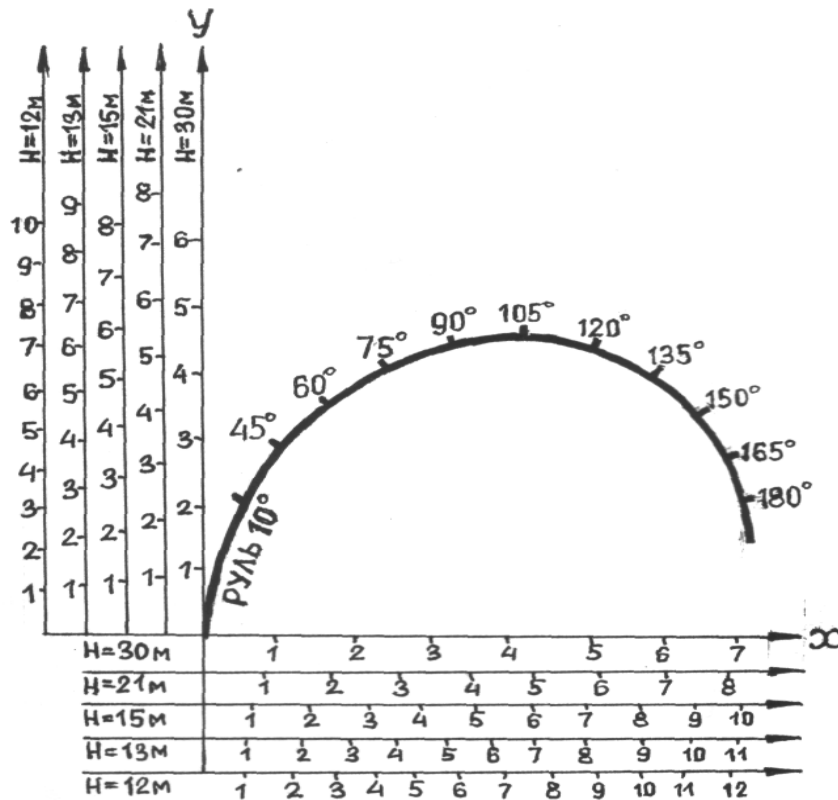


Рисунок 4. Экспериментально-расчетная диаграмма циркуляции

Выводы. Проведенный анализ показал – применение на практике метода прокладки траектории циркуляции судна на карте без учета влияния мелководья на поворотливость судна приводит к значительным погрешностям графического счисления пути судна, так как согласно графику переходных коэффициентов, в зависимости от соотношения осадки судна и

глубины моря $\frac{T}{H}$, элементы циркуляции судна изменяются в диапазоне 15...90 %.

В работе даны конкретные предложения по методике прокладки на карте траектории циркуляции судна с учетом мелководья в процессе планирования рейса и предложен способ, который значительно сокращает время прокладки этой траектории с достаточной для практики точностью, если предварительная прокладка пути судна производится во время плавания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Снопков В.И. Управление судном : учебник для вузов. – 3-е издание, перераб. и доп. – Санкт-Петербург : АНО НПО «Профессионал», 2004. – 536 с.
2. Навигация : учебник [для вузов морск. трансп.] / Лесков М.М., Баранов Ю.К., Гаврюк М.И. – 2-е издание, перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1986. – 360 с.

MARITIME SAFETY MANAGEMENT: IMO's METHODOLOGY OF THE RISK-BASED ASSESSMENT

Krivoshchekov V.E.,

*Educational-research center «Reliability in the Shipping» of Ukrainian association
«Reliability», Odessa, Ukraine*

Introduction. One of the most significant objectives of the International Maritime Organization (IMO) in the 2000s is a introduction risk-based analysis and cost benefit assessment as a tool for use in the IMO rule-making process, aimed at enhancing maritime safety, including protection of life, health, the marine environment and property. This structured and systematic methodology was named Formal Safety Assessment (FSA) and the Guidelines for FSA was approved by the Maritime Safety Committee and the Marine Environment Protection Committee for use in the IMO rule-making process, at April 2002. The FSA is a rational and systematic process for assessing the risks relating to maritime safety and the protection of the marine environment and for evaluating the costs and benefits of IMO's options for reducing these risks. Application of FSA may be particularly relevant for proposals for regulatory measures which have far reaching implications in terms of costs to the maritime industry or the administrative or legislative burdens, which may result. This is achieved by providing a clear justification for proposed regulatory measures and allowing comparison of different options of such measures to be made. This is in line with the basic philosophy of FSA in that it can be used as a tool to facilitate a transparent decision-making process. In addition, it provides a means of being proactive, enabling potential hazards to be considered before a serious accident occurs.

General principles. Process of FSA should comprise the following steps: 1. Identification of hazards; 2. Risk analysis; 3. Risk control options (RCO); 4. Cost benefit assessment; 5. Recommendations for decision-making. The process begins with the decision makers defining the problem to be assessed along with any relevant boundary conditions or constraints. These are presented to the group who will carry out the FSA and provide results to the decision makers for use in their resolutions. Within the FSA methodology, step 5 interacts with each of the other steps in arriving at decision-making recommendations. The depth or extent of application of the methodology should be commensurate with the nature and significance of the problem. However, before starting the detailed application, a coarse application is suggested for the relevant ship type or hazard category, in order to include all aspects of the problem under consideration. Characterization of hazards and risks should be both qualitative and quantitative, and both descriptive and mathematical, consistent with the available data, and should be broad enough to include a comprehensive range of options to reduce risks. A hierarchical screening approach may be utilized. This would ensure that excessive analysis is not performed by utilizing relatively simple tools to perform initial analyses, the

results of which can be used to either support decision-making (if the degree of support is adequate) or to scope/frame more detailed analyses (if not). The initial analyses would therefore be primarily qualitative in nature, with recognition that increasing degrees of detail and quantification will come in subsequent analyses as necessary. A review of historical data may also be useful as a preparation for a detailed study. For this purpose a loss matrix may be useful.

The human element is one of the most important contributory aspects to the causation and avoidance of accidents. Human element issues throughout the integrated system shown in figure 1 should be systematically treated within the FSA framework, associating them directly with the occurrence of accidents, underlying causes or influences. Appropriate techniques for incorporating human factors should be used. The human element can be incorporated into the FSA process by using human reliability analysis (HRA). Methodology for the use of HRA within FSA will be given in the next paper.

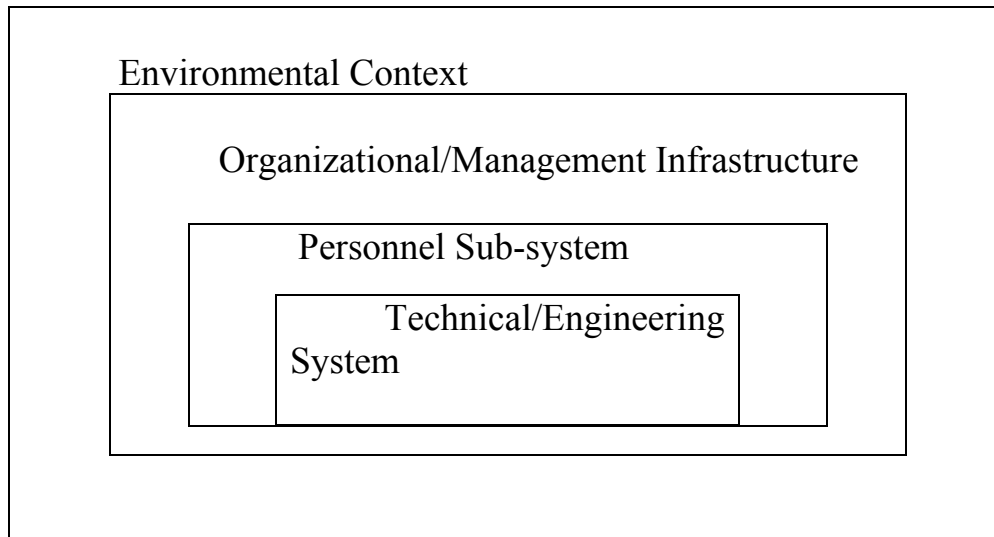


Fig. 1. Components of the integrated system

The definition of the problem should be consistent with operational experience and current requirements by taking into account all relevant aspects. Those which may be considered relevant when addressing ships (not necessarily in order of importance) are: (1) ship category (e.g. type, length or gross tonnage range, new or existing, type of cargo); (2) ship systems or functions (e.g. layout, subdivision, type of propulsion); (3) ship operation (e.g. operations in port and/or during navigation); (4) external influences on the ship (e.g. Vessel Traffic System, weather forecasts, reporting, routing); (5) accident category (e.g. collision, explosion, fire); and (6) risks associated with consequences such as injuries and/or fatalities to passengers and crew, environmental impact, damage to the ship or port facilities, or commercial impact. For application of FSA, a generic model should therefore be defined to describe the functions, features, characteristics and attributes which are common to all ships or areas relevant to the problem in

question. The generic model should not be viewed as an individual ship in isolation, but rather as a collection of systems, including organizational, management, operational, human, electronic and hardware aspects which fulfill the defined functions. The functions and systems should be broken down to an appropriate level of detail. Aspects of the interaction of functions and systems and the extent of their variability should be addressed. A comprehensive view, such as the one shown in figure 1, should be taken, recognizing that the ship's technical and engineering system, which is governed by physical laws, is in the center of an integrated system. The technical and engineering system is integrally related to the passengers and crew, which are a function of human behavior. The passengers and crew interact with the organizational and management infrastructure and those personnel involved in ship and fleet operations, maintenance and management. These systems are related to the outer environmental context, which is governed by pressures and influences of all parties interested in shipping and the public. Each of these systems is dynamically affected by the others. The output of the problem definition comprises: (1) problem definition and setting of boundaries; and (2) development of a generic model.

FSA methodology steps.

Step 1. The purpose of step 1 is to identify a list of hazards and associated scenarios prioritized by risk level specific to the problem under review. This purpose is achieved by the use of standard techniques to identify hazards, which can contribute to accidents, and by screening these hazards using a combination of available data and judgement. The hazard identification exercise should be undertaken in the context of the functions and systems generic to the ship type or problem being considered, which were established early by reviewing the generic model. The analytical element ensures that previous experience is properly taken into account, and typically makes use of background information.

A coarse analysis of possible causes and outcomes of each accident category should be carried out by using established techniques (1. Fault Tree Analysis; 2. Event Tree Analysis; 3. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA); 4. Hazard & Operability Studies (HAZOP); 5. What If Analysis Technique (SWIFT); 6. Risk Contribution Tree (RCT); 7. Influence Diagrams), to be chosen according to the problem in question. The identified hazards and their associated scenarios relevant to the problem under consideration should be ranked to prioritize them and to discard scenarios judged to be of minor significance. The frequency and consequence of the scenario outcome requires assessment. Ranking is undertaken using available data, supported by judgement, on the scenarios. A generic risk matrix is shown in figure 2.

The frequency and consequence categories used in the risk matrix have to be clearly defined. The combination of a frequency and a consequence category represents a risk level. Lowly there is provides an example of one way of defining frequency and consequence categories, as well as possible ways of establishing risk levels for ranking purposes The following table 1 gives an example of a risk matrix.

FREQUENCY

Frequent				HIGH RISK
Reasonably probable				
Remote				
Extremely remote	LOW RISK			
	Minor	Significant	Severe	Catastrophic

CONSEQUENCE

Fig. 2. Risk matrix

Table 1. Risk Index (RI)

		SEVERITY (SI)			
		1	2	3	4
FI	FREQUENCY	Minor	Significant	Severe	Catastrophic
7	Frequent	8	9	10	11
6		7	8	9	10
5	Reasonably probable	6	7	8	9
4		5	6	7	8
3	Remote	4	5	6	7
2		3	4	5	6
1	Extremely remote	2	3	4	5

At the end of step 1, hazards are to be prioritized and scenarios ranked. Scenarios are typically the sequence of events from the initiating event up to the consequence, through the intermediate stages of the scenario development. To facilitate the ranking and validation of ranking, it is generally recommended to define consequence and probability indices on a logarithmic scale. A risk index may therefore be established by adding the probability/frequency and consequence indices. By deciding to use a logarithmic scale, the Risk Index for ranking purposes of an event rated remote. (FI=3) with severity. Significant. (SI=2) would be RI=5. Risk = Probability x Consequence. $\text{Log (Risk) = log (Probability) + log (Consequence)}$.

Step 2. The purpose of the risk analysis in step 2 is a detailed investigation of the causes and consequences of the more important scenarios identified in step

1. This can be achieved by the use of suitable techniques that model the risk. This allows attention to be focused upon high risk areas and to identify and evaluate the factors which influence the level of risk. Different types of risk (i.e. risks to people, the environment or property) should be addressed as appropriate to the problem under consideration. The construction and quantification of fault trees and event trees are standard risk assessment techniques that can be used to build a risk model. An example of a conceptual risk model is the Risk Contribution Tree (RCT). Whilst the example makes use of fault and event tree techniques, other established methods could be used if appropriate.

Step 3. The purpose of step 3 is to propose effective and practical RCOs comprising the following four principal stages: (1) focusing on risk areas needing control; (2) identifying potential risk control measures (RCMs); (3) evaluating the effectiveness of the RCMs in reducing risk by re-evaluating step 2; and (4) grouping RCMs into practical regulatory options. Step 3 aims at creating risk control options that address both existing risks and risks introduced by new technology or new methods of operation and management. Both historical risks and newly identified risks (from steps 1 and 2) should be considered, producing a wide range of risk control measures. Techniques designed to address both specific risks and underlying causes should be used. The purpose of focusing risks is to screen the output of step 2 so that the effort is focused on the areas most needing risk control. The main aspects to making this assessment are to review: (1) risk levels, by considering frequency of occurrence together with the severity of outcomes. Accidents with an unacceptable risk level become the primary focus; (2) probability, by identifying the areas of the risk model that have the highest probability of occurrence. These should be addressed irrespective of the severity of the outcome; (3) severity, by identifying the areas of the risk model that contribute to highest severity outcomes. These should be addressed irrespective of their probability; and (4) confidence, by identifying areas where the risk model has considerable uncertainty either in risk, severity or probability. These uncertain areas should be addressed. Structured review techniques are typically used to identify new RCMs for risks that are not sufficiently controlled by existing measures. These techniques may encourage the development of appropriate measures and include risk attributes and causal chains. Risk attributes relate to how a measure might control a risk, and causal chains relate to where, in the "initiating event to fatality" sequence, risk control can be introduced. The prime purpose of assigning attributes is to facilitate a structured thought process to understand how an RCM works, how it is applied and how it would operate. Attributes can also be considered to provide guidance on the different types of risk control that could be applied. Many risks will be the result of complex chains of events and a diversity of causes. For such risks the identification of RCMs can be assisted by developing causal chains, which might be expressed as follows: *causal factors* → *failure* → *circumstance* → *accident* → *consequences*. The output from step 3 comprises: (1) a range of RCOs which are assessed for their effectiveness in reducing risk; and (2) a list of interested entities affected by the identified RCOs.

Step 4. The purpose of step 4 is to identify and compare benefits and costs associated with the implementation of each RCO identified and defined in step 3. A cost benefit assessment may consist of the following stages: (1) consider the risks assessed in step 2, both in terms of frequency and consequence, in order to define the base case in terms of risk levels of the situation under consideration; (2) arrange the RCOs, defined in step 3, in a way to facilitate understanding of the costs and benefits resulting from the adoption of an RCO; (3) estimate the pertinent costs and benefits for all RCOs; (4) estimate and compare the cost effectiveness of each option, in terms of the cost per unit risk reduction by dividing the net cost by the risk reduction achieved as a result of implementing the option; and (5) rank the RCOs from a cost-benefit perspective in order to facilitate the decision making recommendations in step 5 (e.g. to screen those which are not cost effective or impractical). Costs should be expressed in terms of life cycle costs and may include initial, operating, training, inspection, certification, decommission etc. Benefits may include reductions in fatalities, injuries, casualties, environmental damage and clean-up, indemnity of third party liabilities, etc. and an increase in the average life of ships. Using various methods and techniques can carry out the evaluation of the above costs and benefits. There are several indices which express cost effectiveness in relation to safety of life such as Gross Cost of Averting a Fatality (Gross CAF) and Net Cost of Averting a Fatality (Net CAF) as follows. $Gross\ CAF = \Delta C / \Delta R$ and $Net\ CAF = \Delta C - \Delta B / \Delta R$, where: ΔC is the cost per ship of the risk control option. ΔB is the economic benefit per ship resulting from the implementation of the risk control option (this may also include pollution prevented). ΔR is the risk reduction per ship, in terms of the number of fatalities averted, implied by the risk control option.

Step 5. The purpose of step 5 is to define recommendations, which should be presented to the relevant decision makers in an auditable and traceable manner.

Conclusions. The recommendations would be based upon the comparison and ranking of all hazards and their underlying causes; the comparison and ranking of risk control options as a function of associated costs and benefits; and the identification of those risk control options which keep risks as low as reasonably practicable. The basis on which these comparisons are made should take into account that, in ideal terms, all those entities that are significantly influenced in the area of concern should be equitably affected by the introduction of the proposed new regulation. However, taking into consideration the difficulties of this type of assessment, the approach should be, at least in the earliest stages, as simple and practical as possible. Recommendations should be presented in a form that can be understood by all parties irrespective of their experience in the application of risk and cost benefit assessment and related techniques. Those submitting the results of an FSA process should provide timely and open access to relevant supporting documents and reasonable opportunities for, and a mechanism to, incorporate comments.

REFERENCES

1. W. O'Neil. Risk-based rulemaking charts the way ahead. – IMO News. – 2002. – № 2. – 4 p.
2. Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process: MSC/Circ. 1023-MEPC/Circ. 392 at 5 April. 2002. – London : IMO, 2002. – P. 52.
3. Krivoshchekov V.E. UP-TO-DATE METHODOLOGY OF THE RISK-BASED ASSESSMENT IN THE MARITIME SAFETY MANAGEMENT // Proceedings of the Joint Hungarian-Ukrainian-Bulgarian Conference “Safety-Reliability and Risk of Engineering Plants and Components”, May 22–25, 2008, Varna, Bulgaria. – P. 1–8.
4. Interim Guidelines for the Application of FSA. – London : IMO, 1997. – P. 25.
5. Ланчуковский В.И. Безопасное управление судовыми энергетическими установками : учебник. – Одесса : Астропринт, 2004. – 232 с.
6. Кривошеков В.Е. Современная методология менеджмента безопасности в мировой судоходной индустрии на базе оценки и анализа риска: тезисы доклада Девятой ежегодной международной Промышленной конференции [«Эффективность реализации научного, ресурсного, промышленного потенциала в современных условиях»], (поселок Славское Львовской области, Украина, 09–13 февраля 2009 г.). – Киев : УИЦ «НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИЯ», 2009. – С. 208–213.
7. Кривошеков В.Е. Системы менеджмента качества. Толковый словарь. Термины и определения : учебно-справочное пособие. – Одесса : КВЕ, 2005. – 25 с. (См. в Интернете сайт <http://krivoshchekov.at.ua>).

ПРОБЛЕМИ ВИЩОЇ ШКОЛИ

УДК 008.(09)(37+38)+937/938:[373+378].001

ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ВИВЧЕННЯ ІСТОРИКО-ПЕДАГОГІЧНОГО ФЕНОМЕНА АНТИЧНОЇ МІФОЛОГІЇ І КУЛЬТУРИ (ДО ПИТАННЯ ПРО СПЕЦІАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ АНТИЧНОСТІ В СУЧАСНІЙ ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ТА ВИЩІЙ ШКОЛАХ)

*Кулікова Л.Б.,
Херсонський державний морський інститут*

Актуальність. Історія сучасної європейської середньої і вищої, класичної, гуманітарної освіти, історико-педагогічний досвід її викладання нараховує більше 2500 років. Ця система зародилася в Давній Греції і досі існує і є яскравим прикладом і зразком для всіх педагогів світу.

Вивчення історико-педагогічного досвіду феномену античної міфології і культури як основи, фундаменту шкільної та вищої класичної освіти має неабияке значення. Розгляд класичної греко-римської міфології і культури як самостійного предмета дослідження в історії педагогіки (історії класичної освіти) і в загальній історії актуальний, так може бути успішно застосований у сучасній системі загальної та вищої освіти України, яка будується на засадах гуманізму та національного самоусвідомлення.

Мета статті – показати, що глибоке та всебічне вивчення цього феномену і його розвитку на різних історичних етапах, у країнах Європи, та в Україні, теорії та практики потребують цілісного та системного підходу [6].

Викладення основного матеріалу. Теоретичний аналіз проблеми пропонує декілька напрямів у вивченні цієї дисципліни.

1. Вивчення та ретроспективний аналіз античної міфології і культури як історичної дисципліни в системі класичної гімназійної освіти; виявлення важливого та цінного теоретичного та методичного досвіду, застосування його в сучасному педагогічному процесі [5].
2. Виявлення й аналіз основних тенденцій та протиріч функціонування системи середньої та вищої історичної освіти, зв'язків та факторів, які обумовили основні напрямки в її розвитку.
3. Визначення ролі і місця класичної греко-римської міфології та культури в системі сучасної середньої та вищої історичної освіти в різні періоди у ХХ столітті.
4. Вивчення та аналіз сучасних проблем, протиріч, новітніх тенденцій розвитку шкільної історичної освіти в Україні і за кордоном [5, 6].
5. Створення самостійної дисципліни “Класична греко-римська міфологія” для загальноосвітньої школи, розробка навчальних програм, посібників і застосування їх на практиці сучасного процесу системи середньої та вищої історичної освіти [7-10].

Всебічне вивчення цієї проблеми у рамках системного підходу може бути доповнено аналізом у контексті вивчення теорії та практики антикознавства з позицій парадигмального підходу, у межах якого внутрішня логіка розвитку антикознавства, як частини історичної науки і як предмета вивчення, розглядається з точки зору виникнення, розвитку і взаємодії різних науково-педагогічних парадигм [1].

Цей підхід дозволяє нам розглянути генезис розвитку світового і вітчизняного антикознавства, як самостійної частини в історичній, літературній та пізніше, у педагогічній науках, виявити етапи розвитку педагогічної теорії вивчення античності, розглянути основні наукові концепції, проаналізувати полярні точки зору вчених-педагогів-антикознавців за найбільш важливими, принциповими питаннями теорії та практики вивчення і викладання античної культури, міфології, у системі загальної та класичної середньої та вищої освіти; їх підходи до відбору й організації забезпечення системи освіти. Вивчення й аналіз альтернативних наукових позицій і поглядів всесвітньо відомих учених- педагогів, антикознавців другої половини XIX-XX століть, має важливе значення на шляху пізнання істини [6].

Це дозволяє досить повно і глибоко з точки зору сучасного бачення, уявити картину розвитку вітчизняного і світового антикознавства, виявити не вирішені проблеми і протиріччя.

Розгляд цього процесу в контексті вивчення актуальних проблем історико-педагогічного та історичного досвіду викладання античності в системі середньої та вищої і вищої історичної та філологічної освіти дозволяє вільно, глибоко та об'єктивно проаналізувати і виявити його тенденції, закономірності, етапи розвитку, а також описати й систематизувати багатий за змістом емпіричний матеріал для подальшого використання цього досвіду на практиці.

Створена авторська дисципліна “Класична греко-римська міфологія” розглядається як визначена система у сучасній шкільній та вищій гуманітарній освіті. Вона пропонує однаковий для всіх навчаючих зміст та єдиний темп його засвоєння – форми, методи, засоби [7-10].

Нові цілі, поставлені перед загальноосвітніми навчальними закладами, потребують зміни структури і змісту предмета історії стародавнього світу в межах загального курсу всесвітньої історії. У цих умовах виникає об'єктивна потреба зміни функції навчального предмета, його змісту, який стає не стільки об'єктом вивчення, скільки засобом розвитку учня. Класичній греко-римській міфології, що пропонується нами як приклад спеціально створеної самостійної навчальної дисципліни, (чи як самостійний розділ курсу історії стародавнього світу), всесвітньої історії, спецкурс для гімназій та ліцеїв, гуманітарних факультетів університетів та педагогічних інститутів чи окремий розділ у курсі зарубіжної літератури), створює унікальні можливості глибокого впливу на всебічний розвиток особистості молодого людини, так як

за основу її змісту покладено цивілізаційний підхід при вивченні життєдіяльності суспільства, людини та її взаємодії з природою [5].

Поглиблене і різноаспектне вивчення цієї дисципліни забезпечує формування у школярів та студентів цілісного уявлення про людину і оточуючий її світ. Сучасний етап у розвитку перш за все середньої та вищої історичної освіти характеризується орієнтацією його змісту на формування у школярів історичної культури як складової частини загальної культури людини. Тому знання і використання у життєвій практиці античного, у широкому розумінні цього слова, коріння культури допоможе ефективно вирішити це завдання.

Усі компоненти системи знаходяться у складних системоутворювальних зв'язках і взаємодіях між собою – організаційних, науково-методичних змістовних та інших.

Період з XVIII по XX століття в історії гуманітарної освіти характеризується кардинальними змінами, які відзначалися низкою реформ. Класична греко-римська міфологія і культура розглядаються нами в історичній ретроспективі як самостійна дисципліна історичного циклу “Міфологія”, яка була уведена у структуру навчальних планів вітчизняних гімназій на початку XIX століття, проіснувала до 1917 року як самостійна дисципліна “Антична культура”, змінивши свою назву, у вигляді спецкурсу для VIII класу чоловічої гімназії (вивчалася 2 години на тиждень) [Програма гімназійної освіти з історії 1913 р.]. Нагадаємо також, що до 1917 року в країні не було спеціального розподілу в університетах на окремі факультети: історичний та філологічний. Факультет був єдиний – історико-філологічний. А це означає, що гімназисти, які ставали студентами, отримували фундаментальну філологічну та історичну професійну підготовку водночас.

Після Жовтневої революції 1917 року і проведених реформ у галузі середньої та вищої освіти, держава відмовилася від системи класичної гімназійної та вищої освіти й історичних дисциплін, за радянські часи вивчення філології та історії також стало розділеним. Загальна та вітчизняна історія, як предмети самостійного вивчення у шкільних курсах, інші історичні дисципліни були виведені зі структури вітчизняної шкільної історичної освіти на декілька десятиліть. Окремі розділи і теми з античної міфології та культури на початку 40-х років увійшли у заново створені підручники з історії стародавнього світу для 5 класів загальноосвітньої школи, і в такому вигляді проіснували майже до середини 90-х років XX століття [5].

Європейський досвід вивчення шкільної історії, міфології та культури античності у XX столітті переконливо свідчить про те, що за кордоном вивчення класичних дисциплін, стародавніх мов на матеріалах античної історії, літератури, міфології, мистецтва та культури, та власно історія та міфологія зберегли свій статус як самостійні дисципліни в системі шкільної історичної та гуманітарної освіти в цілому.

Процес навчання всесвітній історії у школі (історії стародавнього світу), вивчення історичного досвіду його організації і викладання неможливо уявити без тісного взаємозв'язку і опори на методичну науку, історію методичного мислення.

Методика вивчення історії, як розділ педагогічної науки, являє собою власну, предметну дидактику. Вона тісно пов'язана з загальною дидактикою, віковою психологією і теорією виховання. У методиці викладання і вивчення історії її мета, зміст, методи і форми, засоби організації вивчення є тісно взаємозв'язані, утворюють цілісність. До основних методологічних і теоретичних проблем, які вона розглядає, відносять: об'єкт, предмет і методи наукового дослідження, мету вивчення предмету, принципи відбору змісту і визначення структури шкільного предмета історії, психолого-педагогічні основи вивчення історії. На сучасному етапі, коли ускладнюються завдання методичної науки, вона зосереджує свою увагу на корекції мети вивчення історії, яка повинна бути спрямована на виховання засобами предмета активної, ініціативної, творчої особистості.

На сьогодні особливо актуальною є розробка критеріїв відбору матеріалів змісту, принципів побудови програм із предмета загальної історії і з окремих курсів, визначення тієї системи і цінностей, які необхідно сформулювати у школярів та студентів засобами історії на матеріалах античності. Сучасний етап розвитку історичної, методологічної вітчизняної науки проходить в умовах корінної перебудови та вдосконалення навчальних планів, програм, створення підручників нового покоління як для загальноосвітньої, так і для вищої шкіл. Колективами учених істориків і методистів розроблено державний стандарт та концепцію шкільної історичної освіти, але на жаль, на наш погляд, вивченню античної міфології, історії та культури там відводиться замало місця, тому актуальною проблемою залишається подальша розробка навчальних програм, спецкурсів та навчальних посібників з вивчення античності для профільної системи навчання у спеціалізованих школах, гімназіях, ліцеях, секціях Малої академії наук [7-10].

Найбільш активно розгорнута ця праця в експериментальних школах, гімназіях, ліцеях і вузах, де працюють автори навчальних програм, підручників до власно створених курсів та дисциплін.

Нові концепції щодо вивчення розділів всесвітньої історії в сучасній школі спрямовані в напрямку гуманізації змісту історичної освіти, орієнтації на всебічний розвиток особистості школяра, інтеграції історичних знань з іншими шкільними дисциплінами, посилення мотивації навчання.

Тому накопичений віками історико-методичний досвід і методика вивчення класичної греко-римської міфології представлений і використаний на практиці, як дидактика, що досліджує особливості процесу вивчення її в загальноосвітній і вищій школах, своєю метою вважає за необхідне створення спеціальної дисципліни – класичної греко-римської міфології для школярів молодшої та середньої школи, визначивши її значення в

становленні та розвитку особистості молодшої людини, що уміє грамотно вести себе в спілкуванні з природою та суспільством. Через методичну науку реалізується й опосередкований зв'язок шкільної історичної освіти з історичною наукою. Це передбачає спеціальне знайомство учнів та студентів з новою, яка раніше не вивчалася спеціально в шкільних курсах, частиною історичного, а також можна сміливо сказати – історико-філологічного знання з галузі антикознавства – міфологією, як самостійною частиною історичного і філологічного знання та науки, а також паралельним знайомством із творчістю та життєдіяльністю всесвітньо відомих учених, педагогів, істориків, з їх працями, навчальними посібниками, підручниками.

Ці зв'язки між процесом вивчення і такими науками, як історія педагогіки, історія та методика викладання, вивчення всесвітньої історії, антикознавство і антична міфологія є тісно взаємопов'язані і переплетені між собою, впливають в кінцевому результаті, на формування особистості [Пошетун: 1996, 25].

Дана концепція дозволила Л.Б. Куліковій – автору цієї новоствореної дисципліни:

1. Наочно уявити і розглянути історико-педагогічний досвід, теорію та практику функціонування класичної, історичної освіти у всій сукупності внутрішніх і зовнішніх зв'язків, зробити відбір та систематизацію джерел для всебічної характеристики.
2. Виділити етапи у вивченні антикознавства в системі шкільної історичної освіти, коли було досягнуто позитивних результатів у процесі навчання.
3. Усвідомити процес переходу від етапу до етапу в системі вітчизняної шкільної історичної освіти і за кордоном у ХХ столітті; виконати порівняльний аналіз сучасних підходів до вивчення античної культури і міфології в курсах шкільної історії в Росії та Польщі – загального й особливого, прослідкувати подібність та різницю.
4. З'ясувати загальні тенденції і протиріччя в розвитку системи середньої та вищої історичної освіти в цілому.

Вивчення цієї проблеми проводилося нами в декількох напрямках та етапах:

1) вибір актуальної проблеми, обумовленої сучасними ускладнюючими: підвищеними потребами до розвитку системи шкільної історичної і філологічної освіти в нових умовах життя суспільства, коли школа зобов'язана суттєво змінити зміст своєї діяльності, а гуманітарна освіта повинна стати більш гнучкою, систематично оновлюватися, з опорою на класичні та інноваційні положення методичної науки;

2) методологічна обґрунтованість концепції дослідження, що реалізується в руслі сучасних підходів, до відображення актуальних проблем загальної історії, антикознавства;

3) розробка програми дослідження та наступний історіографічний аналіз джерел;

- 4) постановка та вирішення завдань практичного вивчення класичної греко-римської міфології в сучасній загальноосвітній школі;
- 5) аксіологічний аналіз джерел;
- 6) систематизація, методологічна обумовленість та вивчення маловідомих та новіших фактів, подій у межах вітчизняного історико-педагогічного досвіду викладання антикознавства, міфології, які повинні стати важливою складовою шкільної історичної та філологічної освіти.

Висновки та пропозиції. Таким чином, викладені теоретичні та методологічні підходи до вивчення античної міфології та культури в сучасній системі шкільної гуманітарної освіти дозволяють дослідити історичний шлях, який довелося пройти дисциплінам, що стали основою і суттю історичної і літературної, класичної європейської, світової освіти.

Усе це дозволить автору в **подальшому, перспективному дослідженні поставленої проблеми** вирішити такі актуальні та важливі, з точки зору сучасного розвитку системи шкільного та вищої освіти наступні завдання: простежити історичний досвід і хід розвитку класичної греко-римської міфології в системі шкільної та вищої історичної освіти; в кожному відзначеному етапі й періоді виявити важливі, принципові риси, зміни, їх причини і наслідки, тенденції розвитку; проаналізувати хід реформ та їх вплив на розвиток вищої історичної освіти; проаналізувати прорахунки та досягнення; визначити цінні методичні прийоми і найбільш перспективні форми роботи з точки зору сучасних тенденцій та підходів до викладання загальної історії та відродження у наші дні системи класичної освіти; розкрити всю велич ідеалів та цінностей класичної греко-римської міфології та культури, все багатство її змісту як предмета в історичній, гуманітарній освіті; сформулювати про неї в учнів та студентів цілісне системне уявлення як про унікальне та неповторне явище в педагогіці і показати цей феномен у всій глибині й багатообрядності і на основі практичного вивчення дисципліни “Класична греко-римська міфологія”; показати реальні можливості і високу ефективність використання її в сучасній вітчизняній системі освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пометун Е.И. Школьное историческое образование в Украине. Пути развития и проблемы. – Луганск : Изд-во Восточно-украинского университета, 1995.
2. Пометун О.І., Фрейман Г. Методика навчання історії в школі. – К. : Генеза, 2005.
3. Куликова Л.Б. История начиналась с мифов : учебное пособие [в 4-х частях]. – Симферополь : МСП «НАТА», 2001-2003 гг.
4. Куликова Л.Б. Исторический словарь школьника. Античная история и мифология. – М. : Советский спорт, 2002.

5. Куликова Л.Б. Классическая греко-римская мифология в структуре школьного исторического образования : монография. – К. : Университетское изд-во «Пульсары», 2002.
6. Куликова Л.Б. Классическое гуманитарное образование. История, опыт, традиции. Монография. – К. : Университетское изд-во «Пульсары», 2000.
7. Кулікова Л.Б. Програма з класичної греко-римської міфології. (Для середніх шкіл, гімназій та ліцеїв) // Завуч. – К., 2002. – № 16.
8. Кулікова Л.Б. Програма з класичної греко-римської міфології. (Для початкової школи) // Бібліотека вчителя початкової школи – К., 2003. – № 11.
9. Кулікова Л.Б. Програма з класичної греко-римської міфології. (Для середніх шкіл, гімназій та ліцеїв) // Зарубіжна література. – К., 2002. – № 17.
10. Кулікова Л.Б. Програма з класичної греко-римської міфології. (Для середніх шкіл, гімназій та ліцеїв). – Херсон : Персей, 1999.
11. Кулікова Л.Б. Сучасна класична європейська освіта XX століття. Європейський досвід та традиції // Шлях освіти. – 2002. – № 3. – С. 25-30.

ВИКЛАДАЧ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ: РЕАЛІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Голобородько Є.П.,

Південноукраїнський регіональний інститут післядипломної освіти педагогічних кадрів

Актуальність. У життєтворчості кожної людини важливе значення має її професійне самовизначення, професійне становлення, кваліфікована професійна діяльність. Актуальність цього аспекту помітно підвищується в сучасному суспільстві, що досить динамічно змінюється на різних рівнях: соціально-економічному, політичному, загальнокультурному, професійному. Роль вищої освіти у цій справі є визначальною. Основні складові вищої освіти – кваліфікація викладацького складу, потужна джерельна база та ефективна організація навчально-виховної та науково-дослідної роботи.

Мета статті – розкрити параметри діяльності викладача вищої школи та шляхи підвищення його кваліфікації.

Викладення основного матеріалу. Постать викладача вищої школи – це рушійна сила підготовки кадрів високої кваліфікації різних профілів. Науково-професійна діяльність викладача носить інтегрований характер, що ґрунтується на наукових (філософських, психолого-педагогічних, спеціальних) та мистецьких засадах. Вона розглядається як цілісна система (Н.В. Кузьміна), причому динамічна. Системність зобов'язує оволодіти всіма основними напрямками та функціями своєї діяльності та встановленням міжпредметних зв'язків, а динамізм – постійної роботи над самоудосконаленням.

Провідні функції викладача такі, як: організаторська (організація добування знань студентів і формування їхніх умінь і навичок) вважається однією з найбільш важливих; інформаційна, що передбачає постійне оновлення і збагачення знань; трансформаційна, здійснення якої допомагає студентам засвоювати знання, вироблені людством; мобілізуюча, спрямована на розвиток у студентів самоосвіти, самооцінки, самоконтролю та ін.

Різноманітні напрямки роботи викладача. Найбільш поширеною за обсягом є навчально-педагогічна робота, яка включає суто навчальну, виховну, науково-дослідну, науково-методичну, організаційно-методичну. На сучасному етапі збагатилися форми й види навчальної роботи. Крім традиційних (лекції, практичні, семінарські та лабораторні заняття, курсові роботи, практики, заліки та екзамени), необхідно опановувати нові підходи, такі, наприклад, як: інноваційні освітні технології, дистанційне навчання, кредитно-модульна система або навіть у межах лекційних занять інформаційна лекція, проблемна, бінарна, лекція з запланованими помилками, лекція-діалог за участю студентів і т.ін. Свою методику мають новітні форми практичних занять – семінари-дискусії, семінари-прес-конференції, семінари-дослідження, творчі проекти, моделювання власного

професійного становлення, курсові та дипломні роботи з елементами використання європейського досвіду тощо.

Багато видів і навчально-методичної роботи. Найперше, це підготовка до проведення різного виду занять, розробка навчально-методичних матеріалів до курсів, які викладач читає, узагальнення і поширення прогресивного педагогічного досвіду, інформаційно-методичне забезпечення самостійної роботи студентів. І кожен з цих та інших видів ще має цілу низку підвидів.

Розгалуженою є і організаційно-методична робота викладача, у складі якої профорієнтаційна діяльність, допомога молодим спеціалістам, участь у проведенні різних навчально- та науково-методичних форумів, розвиток творчих міжнародних зв'язків.

Органічним компонентом професійної діяльності викладача є виховання студентів як засобами кожної дисципліни, так і широким спектром позааудиторної роботи.

Невід'ємну і обов'язкову частину педагогічної творчості складає науково-дослідна робота (дисертаційні дослідження, написання монографій, статей і тез, доповідей, підручників, редагування та рецензування наукових робіт, проведення експериментів, участь у роботах редколегій наукових часописів та наукових рад, наукове керівництво дослідною роботою студентів, аспірантів, здобувачів). Успішна наукова робота викладачів ВНЗ – надійний фактор їхньої ефективної професійної діяльності.

Ураховуючи масштабність і важливість параметрів творчості викладача, перспективним може бути зменшення його аудиторного навантаження до 200-250 годин на рік, як це робиться в окремих європейських країнах і в Росії; відновлення форм підвищення кваліфікації (стажування, творчі відпустки, ІПК) на ділі, а не формально; щорічні планові наукові відрядження, у тому числі й закордонні; розширення мережі кафедр педагогіки та психології вищої школи, особливо в непедагогічних ВНЗ; активізація наукових досліджень проблем підготовки кадрів вищої кваліфікації, вимоги до яких зростають.

Сучасний рівень професійної освіти характеризується високим рівнем професійної компетентності; науковістю знань; відповідністю цілям і завданням спеціальності; творчим підходом до розв'язання проблем; здатністю виробляти власні прогресивні ідеї, концепції, продуктивні моделі поведінки; вмінням реально усвідомлювати свої можливості і здібності до співпраці з іншими; об'єктивністю оцінювати інформацію і критично використовувати її в практиці; відкритістю до альтернативних точок зору; відповідальністю за стан справ у своїй сфері діяльності.

Все більш актуальною для вищої школи постає проблема підготовки елітних працівників, самостійно та глибоко мислячих, які володіють «надпредметним знанням», розвиненою грамотністю, невичерпним творчим потенціалом, високими моральними якостями, здатністю створювати нові знання. Розробляються теоретичні основи підготовки елітних спеціалістів

(рівень творчої особистості; ключові компетенції: професіоналізм, креативність, емоційно-вольова стабільність), моделі елітного спеціаліста, що включають смисложиттєвий компонент, структурний склад (мисленнєві, ментальні, розвивальні аспекти), змістові і функціональні особливості (мотивація, сприйняття та перетворення інформації). Апробуються етапи формування елітного спеціаліста від «уміння навчатися» через «уміння робити» до вміння «жити» за п'ятьма блоками: I – фундаментальна підготовка, II – глибокі спеціальні знання, III – наявність професійно значимих особистісних якостей, IV – створення нового інформаційного змісту, V – висока міждисциплінарна освіта та широкий культурний кругозір (Е. Манушин).

Спираючись на теорію функціональних систем (П.К. Анохін), Н.В. Кузьміна виділяє гностичний, конструктивний, організаторський і комунікативний функціональні компоненти в психологічній структурі діяльності педагога.

Системотворчим можна назвати гностичний компонент. Він включає вивчення: 1) змісту і способів впливу на студентів; 2) індивідуальних особливостей студентів; 3) закономірностей навчально-виховного процесу; 4) результатів власної діяльності.

Конструктивний компонент містить: 1) добір інформації і композицію її викладу; 2) проектування навчальної і науково-пошукової роботи студентів; 3) проектування власної професійної діяльності зі студентами. Слід зауважити, що молоді викладачі більше уваги звертають на інформацію, доценти – на контакти з аудиторією, педагоги-майстри вміють в різних ситуаціях творчо перебудовуватись.

Організаційний компонент проявляється в організації: 1) інформації в процесі її повідомлення студентам, тобто в структурі лекцій; 2) різних видів діяльності, що забезпечують досягнення мети; 3) власної діяльності на заняттях.

Комунікативний компонент передбачає встановлення доцільних стосунків «по горизонталі» (з колегами, студентами в разі співтворчості, партнерами) та «по вертикалі» (з керівниками, студентами як об'єктами впливу).

У низці нормативних документів з питань освіти (Державна Національна програма «Освіта» Україна XX ст. (1994), Цільова комплексна програма «Вчитель» (1996), Національна доктрина розвитку освіти України в XXI ст. (2001), Закон про вищу освіту (2002) та ін.) підкреслюється важливість підготовки фахівців-професіоналів. Найперше, професіоналізмом має володіти викладач вищої школи. Осмислюється це поняття і в контексті глибини і широти знань, майстерності практичної діяльності, уміння самовдосконалюватись, використання акмеологічного підходу. На основі аналізу вітчизняних і зарубіжних досліджень, результатів вивчення досвіду С.С. Вітвицька розглядає професіоналізм викладача ВНЗ як інтегровану якість, у структурі якої професіоналізм знань, професіоналізм спілкування,

професіоналізм самовдосконалення. Базовим є професіоналізм знань, що характеризується комплексністю, особистісною забарвленістю, формуванням знань студентів одночасно на різних рівнях (теоретичному, методичному, технологічному). У професіоналізмі педагогічного спілкування цінується готовність і вміння взаємодіяти зі студентами, позитивна позиція викладача (бадьорість, добрій настрій, віра в можливості студента), володіння скарбами мови й мовлення, зовнішня естетична виразність. Професіоналізм самовдосконалення досягається шляхом самоосвіти і самовиховання як фундаменту професіонального зростання викладача. Відсутність одного з цих вимірів може свідчити про несформованість педагогічного професіоналізму.

Особливе місце в професійно-творчому портреті викладача вищої школи посідає його педагогічна культура. Дослідженню цієї проблеми завжди приділялась і приділяється підкреслена увага (Платон, Сенека, Я.А. Коменський, Ж.Ж. Руссо, І.Г. Песталоцці, І.Я. Франко, Т.Г. Шевченко, К.Д. Ушинський, П.П. Блонський, С.Т. Шацький, А.С. Макаренко, В.О. Сухомлинський, А.В. Барабанщиков, Є.В. Бондаревська, О.Б. Гармаш, Т.В. Іванова, О.С. Газман, А.М. Бойко, В.М. Гриньова і багато інших).

Визначено і сутність педагогічної культури, і її складові (науковий світогляд, наукова ерудиція, духовне багатство, педагогічна майстерність, педагогічні здібності, природно-педагогічні людські якості, педагогічна техніка), структурні компоненти (цінності різних рівнів), функціональні різновиди, засоби та педагогічні умови її формування, види (методологічна, мовно-мисленнєва, дидактична, методична, дослідницька, етична, комунікативна, діагностична, прогностична, деонтологічна, правова, екологічна, культура поведінки й ін.). Можна наводити інколи і часті приклади низької педагогічної культури викладачів, що призводить не лише до зниження успішності студентів і інтересу їх до свого професійного становлення, а й до моральних травм та деформованості в подальшій життєтворчості.

Студенти цінують у викладача глибину знань та якість викладу своєї науки, професійну гідність, повагу до студентів, щирість, вимогливість, прагнення до самовдосконалення і творчості у своїй повсякденній праці.

Отже, доцільно було б організовувати постійно діючі методологічні семінари, принаймні для молодих викладачів вузу, відповідні факультативи, тематичні, проблемні, творчі професійні науково-педагогічні проекти, у тому числі й міжнародні; обмін досвідом, тренінги і т.ін.

Варто ще зазначити, що рівень підготовки викладача вишу є одним з основних показників рейтингу вищого навчального закладу. Цей критерій на першому місці і в міжнародних підходах до ранжування університетів, і у внутрішніх в Україні. Так, серед різних показників (рівень професорсько-викладацького складу, якість навчання та міжнародне визнання), використаних для рейтингу «Топ-200 Україна» у 2007 році, роль якості науково-педагогічного потенціалу становить 50 %. Враховується кількість штатних співробітників – академіків НАН України, членів-кореспондентів

НАН України, академіків державних галузевих академій наук України, членів-кореспондентів державних галузевих академій наук України; кількість професорів, доцентів, докторів наук, кандидатів наук серед штатних працівників ВНЗ; кількість штатних працівників ВНЗ, нагороджених державними преміями в галузі науки і техніки, імені Т.Г. Шевченка; кількість патентів на винаходи, промислові зразки, моделі, отримані ВНЗ за 2007 р.

Якість навчання в рейтингу дає 30%: кількість студентів-переможців та призерів міжнародних олімпіад і конкурсів; кількість студентів-переможців та призерів Всеукраїнських олімпіад і конкурсів; співвідношення кількості магістрів до кількості бакалаврів та спеціалістів; масштаб ВНЗ, рівень розвитку його навчальної і наукової бази.

Міжнародне визнання (20%) – це кількість зарубіжних студентів; членство ВНЗ в Європейській асоціації університетів, Великій хартії університетів, Євразійській асоціації університетів, мережі університетів Чорноморського регіону, Міжнародній асоціації університетів.

Та всі ці показники в значній мірі забезпечує знову-таки професіонал-викладач вузу.

Перспективами подальшої розробки проблеми є питання створення умов для постійного зростання науково-професійного рівня викладача ВНЗ. Вища освіта на сучасному етапі вимагає стратегічного управління, особливо на рівні підготовки викладачів, бо, як визначав Я.А. Коменський, справа вчителя, скромна ззовні, є однією з величезних справ історії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон про вищу освіту // Освіта. – 20-27 лютого 2002 р.
2. Сучасна вища школа : психолого-педагогічні аспекти : монографія [за ред. Н.І. Николо]. – К., 1999.
3. Вітвицька С.С. Основи педагогіки вищої школи. – К., 2003.
4. Манушин Э., Добряков А. Модель подготовки элитного специалиста // Высшее образование в России. – 2007. – № 8.
5. Приходько В., Шевченко С. Ранжування ВНЗ як інструмент державно-громадянського управління якістю вищої освіти // Вища освіта. – 2008. – № 7.

МЕТОДОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИКЛАДАЧА ВНЗ ЯК УМОВА ПІДВИЩЕННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ЙОГО ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

*Шарко В.Д.,
Херсонський державний університет*

Вступ. Зростання соціальної ролі освіти, якісно нові завдання, що висуває перед нею життя, обумовлюють необхідність підвищення якості управління навчальним процесом. У зв'язку з цим особливого значення набувають проблеми, пов'язані з розробкою механізмів взаємодії викладача і студентів, котрі дозволяють реалізовувати інтеграцію психологічних і педагогічних теорій та переводити їх у площину практичних дій.

Провідну роль у розв'язанні цих проблем має відігравати методична наука. Однак дослідження змісту підручників з методик навчання природничо-математичних та гуманітарних дисциплін дає підстави стверджувати, що в них наукові концепції навчання належного відображення не знайшли. Методологічні знання обмежуються висвітленням питань, пов'язаних з розкриттям об'єкта, предмета, мети, завдань, проблем та методів дослідження. У предметних методиках, що стосуються вивчення окремих тем навчальних курсів, увага приділяється переважно розкриттю логіки викладу матеріалу, виявленню міжпредметних зв'язків, розбору основних типів задач, які треба розв'язувати для закріплення та кращого засвоєння матеріалу. Як зазначає О.Крутський, у сучасних предметних методиках предметне знання відділене від дидактичних і психологічних теорій навчання [2, 6].

Проте вчені і викладачі визнають, що сьогодні є значна кількість добре відпрацьованих і теоретично обґрунтованих освітніх технологій, які ще не знаходять належного застосування у практиці шкільного і вузівського навчання. Серед причин такого становища можна виділити три основні:

- недостатньо розроблені організаційні механізми включення науково-теоретичного (філософського, дидактичного і психологічного) знання в навчальний процес;
- відсутні відповідні дидактичні матеріали, призначені для викладачів і студентів;
- студенти – майбутні викладачі не отримують необхідної методологічної підготовки під час навчання у вищих навчальних закладах.

Між тим у педагогічній психології пропонується механізм поєднання психологічних і педагогічних знань. Цей механізм закладений у методологічних підходах до організації навчання, які визначають стратегію навчального процесу, орієнтованого на досягнення конкретних освітніх цілей. В.Серіков зазначає, що „підходи до організації навчання – це по суті стратегії професійної діяльності вчителя, варіанти організації навчального

процесу, використання певного ресурсу, що забезпечують якість навчальної діяльності” [6, 133].

Нині вивчення методологічних підходів передбачається в системі вузівської підготовки вчителів у складі дидактики разом із такими її категоріями, як принципи, методи, форми навчання. Проте в підручниках з педагогіки їх роль в удосконаленні навчального процесу належним чином не розкрита, а відповідно й рівень опанування студентами даного блоку фахових знань є дуже низьким. Відсутній відповідний блок інформації і в методиках навчання конкретних предметів. У контексті зазначеного питання методологічної підготовки майбутніх викладачів і вчителів є актуальним.

Мета нашої статті полягає у визначенні ролі методологічних знань у методичній діяльності вчителів та розкритті можливостей для підвищення рівня методологічної культури працівників освітньої галузі.

До **завдань**, які необхідно було розв’язати, увійшли:

- визначення змісту поняття „методологічний підхід” до навчання та його структури;
- встановлення функцій методологічних підходів до навчання школярів і студентів;
- виявлення логіки методологічних дій учителя (викладача) під час проектування навчального процесу, орієнтованого на дотримання системи методологічних підходів;
- визначення можливих шляхів здійснення методологічної підготовки викладачів і студентів на всіх етапах їх навчання.

Вивчення літератури з проблеми дослідження дозволило встановити, що питання методологічної підготовки вчителів ставились дидактами і методистами давно. Так, О.Бугайов, С.Гончаренко, С.Каменецький, М.Розенберг та інші вчені вважали, що теоретичним базисом методики навчання фізики як педагогічної науки виступають дидактичні принципи, закони і закономірності психології, закони логіки, закони діалектики, філософські принципи, які визначають вимоги до організації і функціонування процесу навчання як об’єкту вивчення методики фізики [8].

У методиці біології принципи організації процесу навчання поділялись на *загальнопедагогічні* (дидактичні), *специфічні* (методико-біологічні) і *загальні методологічні принципи*, до складу яких включались: принцип взаємозв’язку і взаємообумовленості; принцип цілісного пізнання природи і її взаємодії з суспільством; принцип матеріальності і пізнання матеріального світу; принцип первинності природних законів по відношенню до законів суспільного розвитку. Остання група принципів, за висловом учених [3], слугує обґрунтуванням дидактичних принципів у методиці.

Уперше у педагогічній літературі зазначалось про існування в дидактиці поняття „підхід” і вводилась назва „проблемний підхід до навчання” Т.Шамовою [9]. Н.Сорокін, визначаючи сутність методології як галузі знань, „що виявляє методи наукового дослідження і принципи підходу до вивчення фактів, явищ і процесів”, виділяв серед підходів до навчання

дослідницький, проблемний, алгоритмізований та програмований підходи до навчання [7]. І.Зверев і В.Максимова розглядали міжпредметний підхід до навчання як умову підвищення його результативності [1].

Окремі методологічні підходи до організації навчання розроблялися вченими: діалектичний підхід – В.Давидовим; діяльнісний підхід – С.Рубінштейном, Б.Ельконіним, Г.Щукіною; дослідницький підхід – В.Давидовим, С.Разумовським; системний підхід – Т.Шамовою, В.Онищуком; комплексний підхід – В.Максимовою, Г.Щукіною; рефлексивний підхід – Ю.Конаржевським, Т.Шамовою; особистісно-зорієнтований – І.Якиманською, В.Хуторським; інформаційний підхід – Г.Бурминською, Л.Обуховою; алгоритмічний – П.Гальперінім, Н.Тализіною; дедуктивний – В. Давидовим, Д.Ельконіним; оптимізаційний підхід – Ю.Бабанським.

Сьогодні активно методологічні засади навчання вчителів розробляються В.Серіковим [6], О.Крутським [3], В.Шарко [10] та іншими вченими. До числа основних питань у їх дослідженнях входять: визначення сутності методологічного підходу як наукової категорії; виділення системи методологічних підходів, які можна вважати провідними у створенні шкільних навчальних стратегій; визначення функцій кожного методологічного підходу та їх системи в навчальному процесі.

Під час вивчення питання про сутність методологічного підходу як наукової категорії ми виходили з визначення методології як вчення про одержання та упорядкування знань, в основі якого лежить система принципів і способів організації і побудови теоретичної і практичної діяльності, а також вчення про цю систему. Поділяючи точку зору О.Крутського [3, 54], будемо називати методологічним підходом до навчання психолого-дидактичну структуру викладацької і навчальної діяльності, що має чотири складові: дидактичну, психологічну, методичну й конкретнопредметну. Доцільність введення цих складових обумовлена необхідністю виконання специфічних методологічних дій:

- дидактичної, пов'язаної з постановкою загальних дидактичних цілей;
- психологічної, пов'язаної з виявленням психічних функцій особистості чи процесів, що сприяють досягненню цих цілей;
- методичної, пов'язаної з аналізом і перетворенням навчального матеріалу з предмету до вигляду, що дає можливість реалізувати обрані психічні функції і досягти поставлених цілей;
- конкретно-методичної, пов'язаної з забезпеченням умов для розгортання перерахованих дій на конкретному уроці.

Визначаючи стратегічну роль методологічних підходів у організації навчального процесу, В.Серіков включає до переліку найбільш значущих для вчителів ЗНЗ і викладачів ВНЗ такі: задачний, проблемний, контекстний, імітаційно-ігровий, особистісний, ситуаційний, компетентнісний, текстуально-діалогічний та профільний [6, 255].

О.Крутський відносить до методологічних підходів проблемний, дискретний, системно-функціональний, системно-структурний, системно-

логічний, індивідуально-диференційований, комунікативний, ігровий, міжпредметний, історико-бібліографічний, демонстраційно-технічний, задачний, модельний підходи та підхід, що в основу стратегії навчання покладає програмування та комп'ютеризацію навчального процесу [3, 53].

Окрему точку зору відносно методологічних підходів, представлених цими вченими, має професор В.Краєвський, який під методологічними підходами розуміє такі, що можуть використовуватися не тільки в процесі навчання, а й у процесі наукового дослідження. Тому вчений вважає, що підходи, виділені В.Серіковим і О.Крутським, доцільніше називати методичними.

Ми серед підходів, що відображають сучасні тенденції розвитку освіти і пов'язані з методичною підготовкою вчителя, виділяємо: гуманістичний, адаптаційний, особистісно орієнтований, культурологічний, аксіологічний, системний, синергетичний, інтегративний, діяльнісний, технологічний, компетентнісний, праксеологічний, акмеологічний, андрагогічний; поліпарадигмальний, герменевтичний, рефлексивний та функціональний. Вибір цих підходів, на нашу думку, дає можливість дослідити процес методичної підготовки вчителя з тих сторін, які розкривають особливості його діяльності взагалі і методичної її компоненти зокрема [10]. При цьому задачний, проблемний, програмований, ігровий підходи розглядаються як складові технологічного; системно-функціональний, системно-структурний і системно-логічний підходи – як складові системного підходу, міжпредметний підхід – як окремий випадок інтегративного.

Як видно з назв наведених методологічних підходів до організації навчання, в них єдність філософії, психології, дидактики й методики навчання конкретного предмета виявляється в безпосередній взаємодії філософських знань, теорій психологічних явищ, дидактичних положень з елементами навчального процесу, його об'єктом і суб'єктом, змістом, методами, формами організації і засобами навчання. Спочатку вона здійснюється в процесі визначення цілей навчання, потім – проектування психодидактичної технології набуття знань і досвіду діяльності суб'єктами навчання, а потім – у формі конкретних методологічних підходів до навчання на базі конкретної теми навчального предмета.

Застосування будь-якого методологічного підходу до вивчення матеріалу неможливе без використання змісту навчання предмету. Кожний методологічний підхід вимагає відповідного перетворення навчального матеріалу. У цьому й полягає їх основна дидактична сутність. Перетворення змісту з метою його адаптації до психічних особливостей об'єкта, суб'єкта й середовища – є основна функція методологічних підходів.

Якщо кожний окремий підхід визначає стратегію досягнення конкретної цілі навчання, виховання чи розвитку, то система методологічних підходів, поєднуючи позиції філософії, психології, дидактики й методик навчання конкретних дисциплін, дає можливість прогнозувати й отримувати заплановані загальноосвітні результати навчання, виховання та розвитку учнів

і студентів. За визначенням О.Крутського, система методологічних підходів в організації навчання виконує наступні функції:

- **онтологічну**, яка пов'язана з визначенням ролі методологічних підходів до організації навчального процесу як засобу взаємозв'язку психологічних і дидактичних концепцій навчання;

- **технологічну**, котра виявляється у значенні методологічних підходів до навчання як засобу впровадження психологічних і дидактичних теорій навчання в шкільну та вузівську практики;

- **конструкторську**, яка розкриває можливості методологічних підходів у проектуванні навчального процесу;

- **акмеологічну**, що розглядає методологічні підходи до навчання як засіб підвищення педагогічної майстерності вчителя і викладача ВНЗ;

- **методичну**, яка пов'язує методологічні підходи до організації навчального процесу з передачею професійного досвіду в методичній діяльності вчителя і викладача ВНЗ;

- **організаційну**, котра розкриває роль системи методологічних підходів до навчання як засобу організації, керування, самоорганізації й самоврядування процесом шкільного і вузівського навчання.

При цьому автор зазначає, що в організації процесу навчання функції системи методологічних підходів виявляються через:

- мотивацію навчальної діяльності учнів і студентів;
- орієнтовну основу їх навчально-пізнавальної діяльності;
- планування навчального процесу;
- організацію навчальної діяльності школярів і студентів;
- оволодіння методологічним знанням викладачами і учнями (студентами);
- формування наукового стилю мислення викладача;
- підвищення рівня усвідомлення навчального матеріалу;
- організацію запам'ятовування навчального матеріалу;
- систематизацію знань;
- засоби розвитку мислення суб'єктів навчання;
- засоби формування досвіду пізнавальної та професійної діяльності студентів;
- включення учнів (студентів) у навчальну наукову творчість.

Конкретизуючи функції методологічних підходів як засобу взаємозв'язку філософських, психологічних і дидактичних концепцій навчання та засобу впровадження їх у навчальний процес, автор представляє їх у вигляді таблиці 1.

Виявлення функцій методологічних підходів до навчання в структурі психологічної й педагогічної науки та організації шкільного навчання дозволяє виявити їхні функції у професійно-педагогічній підготовці викладачів та встановити можливі форми включення у навчальний процес.

Таблиця 1. Функції методологічних підходів

Методологічні підходи	Функції методологічних підходів
Проблемний	Активізація мислення, розвиток творчих здібностей, вихід до зони найближчого розвитку
Програмований	Формування прийомів розумових дій, індивідуалізація навчання, формування стилю мислення
Дискретний	Формування аналітичної функції мислення, підвищення рівня свідомості в навчальній діяльності, організація запам'ятовування
Системно-функціональний	Формування синтетичної функції мислення, навчання класифікації й систематизації, антиципація й категоризація, навчання використанню аналогій, навчання методологічному операційному знанню, формування понять, формування навчальної діяльності, сходження від абстрактного до конкретного
Системно-структурний	Вихід на системний рівень мислення, одержання системних знань, навчання структурі досліджуваної наукової теорії, формування наукового стилю мислення, формування навчальної діяльності, оволодіння загальнонауковими засобами інтелектуальної діяльності, формування понять
Системно-логічний	Формування логіки наукового мислення, формування навчальних дій, систематизація знань
Індивідуально-диференційований	Адаптація навчання до реальних навчальних можливостей суб'єктів навчання, врахування їх індивідуальних особливостей, творче зростання
Ігровий	Розвиток емоційної сфери, мотивація навчальної діяльності, розвиток мимовільної уваги й запам'ятовування
Комунікативний	Активізація мислення, інтеграція сил і здібностей, стимулювання навчальної діяльності, навчання колективної творчої діяльності
Міжпредметний	Використання асоціативної функції свідомості, активізація розумової діяльності, реалізація системного підходу до засвоєння понять, формування наукової картини миру
Історико-бібліографічний	Формування інтересу до об'єкта вивчення, наукове обґрунтування досліджуваної теорії, розвиток світогляду, вирішення виховних завдань

Продовження табл. 1

Демонстраційно-технічний	Комплексний вплив на органи чуття на чуттєвому щаблі пізнання, формування інтересу до досліджуваних явищ, створення проблемних ситуацій, активізація мислення, збір наукових фактів для розвитку наукової теорії
Задачний	Моделювання процесу досліджуваного явища, системний аналіз досліджуваної теми в процесі повторення, поелементний аналіз досліджуваної теорії, створення проблемних ситуацій, контроль знань
Модельний	Абстрагування від несуттєвих ознак, вибір ідеального об'єкта для дослідження, зосередження уваги на істотних ознаках, забезпечення можливості робити вимірювання

Аналіз функцій методологічних підходів дає підстави для ствердження, що вони пов'язані з:

- їх визначальною роллю у змісті професійної підготовки вчителя;
- впливом на формування методологічної культури студента і вчителя;
- можливістю виступати засобом у навчанні вчителів і студентів проектуванню, конструюванню і організації шкільного процесу навчання;
- зі значенням методологічних підходів для оволодіння педагогічною майстерністю викладача ЗНЗ або ВНЗ.

Опанування методологічною культурою викладач може здійснювати на всіх етапах своєї фахової підготовки:

- вузівському – через засвоєння відповідного блоку методологічних знань у курсах філософії, педагогіки й методики навчання; виконання практичних завдань з проектування навчального процесу у межах курсових та дипломних робіт; реалізацію практичних дій з упровадження методологічних засад організації навчального процесу під час педагогічних практик;
- післядипломному – шляхом самостійного опрацювання необхідної методологічної літератури та впровадження теоретичних положень у практику шкільного чи вузівського навчання предмету або шляхом вивчення на курсах підвищення кваліфікації відповідного матеріалу з подальшим застосуванням його у школі або ВНЗ.

Висновки. Дослідження стану методичного і кадрового забезпечення процесу підготовки вчителів і студентів з блоку методологічних знань свідчить про те, що матеріалів, адаптованих до практики навчання конкретному навчальному предмету, недостатньо. Тому треба: а) до всіх підручників з методик навчання включити блок методологічних знань, підготувавши викладачів цієї дисципліни до його викладання; б) до тематики курсових і дипломних у ВНЗ та випускних робіт на курсах підвищення кваліфікації включати теми, пов'язані з дослідженням результативності впровадження конкретних методологічних підходів або системи підходів; в) поширювати досвід вчителів ЗНЗ і викладачів ВНЗ з проектування та

організації навчального процесу, здійснених з урахуванням його методологічних засад.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зверев И.Д. Межпредметные связи в современной школе / И.Д.Зверев, Н.Максимова. – М. : Педагогика, 1981. – 160 с.
2. Компетентнісний підхід до навчання учнів фізики / Альманах випускних робіт слухачів курсів підвищення кваліфікації – учителів фізики і астрономії Херсонської області. Випуск 5; за ред. В.Шарко. – Херсон : Олді-Плюс, 2005. – 220 с.
3. Крутский А.Н. Психодидактика среднего образования : монография. – Барнаул : БГПУ, 2008. – 254 с.
4. Пономарева И.Н. Общая методика обучения биологии : учеб. пособие для студ. пед. вузов / И.Н.Пономарева, В.П.Соломин, Г.Д.Сидельникова; Под ред. И.Н.Пономаревой. – М. : Издательский центр „Академия”, 2003. – 272 с.
5. Реалізація особистісно-орієнтованого підходу до навчання учнів фізики / Альманах випускних робіт слухачів курсів підвищення кваліфікації – вчителів фізики і астрономії Херсонської області. Випуск 3; за ред. В.Шарко. – Херсон : Олді-Плюс, 2003. – 202 с.
6. Сериков В.В. Обучение как вид педагогической деятельности : учебное пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / Сериков В.В.; под ред. В.А.Сластенина, И.А.Колесниковой. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 256 с.
7. Сорокин Н.А. Дидактика. – М. : Просвещение, 1974. – 222 с.
8. Теория и методика обучения физике в школе. Общие вопросы : учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / С.Е.Каменецкий, Н.С.Пурышева, Н.Е.Важеевская и др.; Под ред. С.Е.Каменецкого, Н.С.Пурышевой. – М. : Изд. центр „Академия”, 2000. – 402 с.
9. Шамова Т.И. Проблемный подход в обучении / Т.И.Шамова. – Новосибирск, 1969. – 69 с.
10. Шарко В.Д. Теоретичні засади методичної підготовки вчителя фізики в умовах неперервної освіти : монографія. – Херсон: Вид-во ХДУ, 2006. – 400 с.
11. Шарко В.Д. Методологічні знання як важливий компонент методичної підготовки вчителя фізики // Збірник наукових праць : Спеціальний випуск / Гол. ред. В.Г.Кузь. – К. : Наук. світ, 2003. – С. 312-319.
12. Шарко В.Д. Рефлексивний підхід до навчання як умова упровадження особистісно-орієнтованих технологій / Педагогічні науки. Зб. наук. праць. – Випуск 32. – Частина 2. – Херсон : Вид-во ХДУ, 2002. – С. 190-196.
13. Шарко В.Д. Синергетичний підхід до організації навчального процесу як шлях підвищення якості методичної підготовки вчителя фізики / Педагогічні науки. Зб. наук. праць. – Випуск 42. – Херсон : Вид-во ХДУ, 2006. – С. 396-403.
14. Шарко В.Д. Методологічні засади сучасного уроку : посібник для керівників шкіл, вчителів, працівників інститутів післядипломної освіти, студентів. – Херсон : Вид-во ХНТУ, 2008. – 112 с.

ПРОБЛЕМА ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПСИХОЕМОЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ПРОФЕСІЙНОГО МОРЯКА

Зайцева Т.Г.,

Херсонський державний морський інститут

Актуальність проблеми. У наш час науковці ретельно вивчають актуальні та потенційні можливості психіки особистості. Учені визначають сутність, значення та причини стійких негативних психологічних порушень, що призводять до професійної психологічної деформації особистості внаслідок впливу факторів психогенного характеру та хронічного перенапруження психіки професіонала, що працює в певних галузях [1].

Наукові погляди видатних учених І.Павлова, В.Бехтерева та інших на сутність механізмів взаємодії І та ІІ сигнальної системи відкрили шлях до розуміння резервних можливостей психіки особистості, а також указали на можливість їх оптимізації на підставі свідомого психічного самоудосконалення. Саме тому в наш час набуває актуальності психологія активності як розділ наукової психології. Вона спрямовує зусилля на вивчення сутності, закономірностей та механізмів свідомої психічної саморегуляції [1, 2]. Учені доводять, що за певних обставин можуть актуалізуватися резервні функції психіки дорослої та психічно здорової людини. Науковці одноставно підкреслюють значення слів та образів уяви, які можуть виступати в якості специфічних регулятивних інструментів свідомого цілеспрямованого психічного самовпливу з метою підвищення рівня психофізичної стійкості.

У наш час є достатньо науково обґрунтованих підстав, що дозволяють у процесі психологічного та психічного професійного самоудосконалення значно підвищувати рівень психоемоційної стійкості працівників, що працюють у різних професійних галузях. Особливого значення це набуває для представників, що виконують свої обов'язки в межах надзвичайних та екстремальних ситуацій. За нашими висновками, звернення до природних додаткових психічних механізмів буде корисним і для моряків-професіоналів, оскільки це буде підставою забезпечення їх грамотних і виважених дій як в екстремальних умовах відкритого морського середовища, так і в звичайних. Але необхідно усвідомити сутність та значення проблеми підвищення рівня психоемоційної стійкості моряків, що буде підставою збереження їх життя та здоров'я.

Відомо, що сфера морського та річкового транспорту традиційно виступає галуззю міжнародного співробітництва, яка за характером вважається небезпечною для життя і здоров'я моряків-професіоналів. Учені доводять, що кожного року в світі гине більше 2200 моряків [3]. Аналіз статистики свідчить, що смерть моряків унаслідок їх фізичних хвороб складає лише одну чверть з загальної кількості випадків такого роду. Інші

75 % пов'язуються з катастрофами, що відбуваються на суднах, з нещасними випадками по необережності, з убивствами, самогубствами, позапричинним зникненням моряків із суден тощо. Саме хронічне перевантаження психіки працівника морського транспорту тягне за собою зниження рівня його уваги, пам'яті, погіршення рівня самоконтролю, прояв агресивних психічних реакцій чи навпаки, викликає апатію, стресові стани, тривалі негативні настрої. Саме це, як правило, часто і є передумовою трагічних помилок, аварій, надзвичайних ситуацій, що тягнуть за собою втрату здоров'я та життя представників морської професії. До «людського» фактору мають також відношення негативні емоції окремих членів екіпажу, конфлікти, проблеми індивідуального, побутового та міжособистісного характеру, що притаманні значній кількості моряків, а також паніка, хронічна втома, зникнення мотивації, зловживання алкогольними напоями, звернення до наркотичних речовин тощо.

Ці та інші аналогічні фактори поєднують одне: за характером вони всі мають пряме відношення до надзвичайних ситуацій, а тому вимагають від моряків миттєвого та адекватного реагування за умов забезпечення високого рівня їх особистої психоемоційної стійкості.

Основна частина. На мінімізацію смертельних випадків на морі, на нейтралізацію причин, що сприяють ушкодженню фізичного та психічного здоров'я працівників морського та річкового транспорту, спрямовують зусилля світові та вітчизняні морські урядові та неурядові організації. В Україні до таких організацій належить Спілка працівників морського транспорту України (ПРУТУ), Федерація морських профспілок України (ФМПУ), що об'єднує також і моряків, які працюють під прапорами інших держав. Серед іноземних структур відомими є Міжнародна морська організація (ІМО), Міжнародна організація праці (International Labour Organization), Міжнародна палата судноплавства, Всесвітня організація охорони здоров'я тощо.

Міжнародна морська організація розробила Кодекс ПДМНВ – 95, що вступив у силу і діє у наш час ще з першого липня 1997 року. Його зміст безпосередньо спрямований на значне зменшення кількості аварій на суднах, мінімізацію різного роду трагічних інцидентів та нещасних випадків, що можуть тягнути за собою загибель моряків у морі. Згідно з однією з вимог відповідної Конвенції, усі представники суднового складу зобов'язуються ефективно координувати свою діяльність у ситуаціях аварій, а також у процесі виконання професійних обов'язків у звичайних умовах з метою забезпечення максимальної безпеки життя та здоров'я всіх членів екіпажу [3].

Іншими нормативними документами, метою яких є забезпечення безпеки мореплавства, вважаються Кодекс управління безпечною експлуатацією суден та попередження забруднення, а також Кодекс торгового мореплавства [4–6]. У 1978 р. на конференції ІМКО в Лондоні було розроблено та прийнято міжнародну Конвенцію з підготовки і

дипломування моряків та несення вахти – ПДМНВ – 78, що вступила в силу з 28 квітня 1984 року і яка є актуальною по наш час. ІМКО як асамблея Міжурядової морської консультативної організації ще 19 листопада 1981 р. опублікувала Резолюцію, зміст якої було спрямовано на забезпечення повноцінного відпочинку працівників морського транспорту, охорону їх праці та здоров'я, гарантування умов дотримання гігієни праці, надання відповідних житлових приміщень на судах тощо. Проблема підвищення рівня психофізичної стійкості моряків в екстремальних умовах природного та техногенного походження присвячена і Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі, що вступила в силу 25 травня 1980 р.

В Україні відповідним за змістом та завданням є Кодекс торгового мореплавства. Існує значна кількість інших документів, інструкцій, положень, що чітко регламентують поведінку моряків морського та річкового флоту в надзвичайних ситуаціях. Також вони спрямовують моряків на професійну та психологічну готовність діяти максимально точно в кожній звичайній ситуації. При цьому увага акцентується не лише на необхідності підвищення рівня професіоналізму працівників водного транспорту, а й на забезпеченні у них почуття відповідальності, корпоративної єдності, формуванні вмінь діяти швидко, грамотно, виважено та доцільно.

На наш погляд, особливо важливим є прийняття ІМО 27 листопада 1997 року Резолюції А.820 «Концепція людського елемента, принцип його організації». Цей документ спрямовує увагу на значення так званого «людського» фактора, під яким розуміється значення характеру психічного реагування моряків при виконанні ними своїх професійних обов'язків.

При безумовній важливості змісту відповідних нормативних документів, що ставлять на меті забезпечення безпеки життєдіяльності моряків-професіоналів, їх об'єднує одне: усі вони спрямовуються до свідомості працівників водного транспорту. Тобто нормативна база зобов'язує моряків дотримуватися певних вимог на підставі особистої відповідальності, наполегливості, мужності, вольових зусиль, професійних знань тощо. Але ці та інші психологічні властивості та психічні пізнавальні процеси функціонують у площині актуальної фази психіки моряків. У процесі професійної діяльності ця фаза значно виснажується, а тому об'єктивно перестає бути ефективною та надійною. За нашими висновками, це є однією з причин того, що проблема підвищення рівня психоемоційної стійкості професійних моряків продовжує бути актуальною. І професійні моряки, як і раніше, вимушені працювати у межах впливу психогенних факторів, навіть і у звичайних умовах.

Серед таких факторів учені визначають наступні:

- монотонність характеру праці на борту корабля; у межах відкритого морського середовища цей фактор посилюється різноманіттям вібрацій, коливаннями, різного роду шумами природного та техногенного походження; при територіальній та соціальній обмеженості всі вони у сукупності виступають могутнім чинником зниження рівня уваги моряків,

швидкості та точності їх професійного реагування, психічного напруження та емоційної дестабілізації;

- сенсорна депривація; у сукупності з тривалою розлукою з рідними, відсутністю достатньої кількості зовнішньої інформації, інформації про життя членів родини тощо. Сенсорна ізоляція об'єктивно сприятиме зниженню рівня відчуттів, сприйняття, пам'яті, мислення, погіршенню рис характеру та інших психологічних властивостей особистості моряка;

- психологічна депривація; обмеженість спілкування та вимушеність міжособистісних комунікацій на підставі лише формальних соціальних зв'язків провокує моряків на відчуття психологічного дискомфорту та сприяє підвищенню рівня їх тривожності;

- постійне усвідомлення вірогідності аварійних ситуацій та пов'язаного з цим дефіциту часу на прийняття рішень; на фоні поступового виснаження психіки та нервової системи моряка цей фактор часто виступає об'єктивною підставою дій, недоцільних з точки зору професіоналізму;

- необхідність праці в незручній нічний час, який не співпадає з природними ритмами мозкової активності моряків; разом зі змінами певних кліматичних та географічних зон, у яких опиняються моряки в процесі транспортування вантажів згідно з певними маршрутами, а також внаслідок впливу перемінного магнітного поля, все це у сукупності об'єктивно сприятиме значному зниженню рівня психічного реагування та працездатності працівників даного профілю;

- тимчасове припинення статевої життєдіяльності, що у сукупності з іншими негативними психологічними факторами збільшує негативний вплив на емоційно-вольову сферу моряків.

Загальними наслідками дії факторів психогенного характеру є, як правило, наступні:

- поява у структурі особистості моряка таких деструктивних елементів, як агресивність, байдужість, черствість, безвідповідальність тощо;

- зниження рівня соціально-психологічної адаптації моряка до роботи в умовах відкритого морського середовища;

- зниження якості психічних пізнавальних процесів, що лежать в основі сприйняття моряком зовнішньої інформації та професійного реагування на неї;

- поява та закріплення психоемоційної напруги, схильність до стресових, афективних, депресивних станів, що також є підставою недоцільних професійних дій тощо.

Пропозиції. Тому ми акцентуємо увагу на існуванні об'єктивного протиріччя, сутність якого полягає в безумовно високому рівні вимог до особистості професійного моряка, зокрема до його психіки з одного боку, та реальних можливостей її актуальної фази, що є характерною для стану бадьорості моряка, з іншого.

Відомо, що наявність певного протиріччя обумовлює необхідність його розв'язання. Ми вважаємо, що в межах проблеми, що висвітлюється нами,

визначене протиріччя можна реально зменшити на підставі знаходження та впровадження у процес професійної психологічної підготовки моряків відповідних педагогічних технологій. Ці технології повинні враховувати наукове тлумачення сутності та закономірностей резервних механізмів функціонування психіки сучасного моряка. На наш погляд, підвищення рівня психологічної грамотності та спеціальної підготовки дозволять професійному моряку спиратися на додаткові можливості своєї психіки з метою реального забезпечення психоемоційної стійкості в процесі виконання професійних обов'язків. Ми вважаємо, що саме такий підхід є раціональним і доцільним, оскільки об'єктивно неможливо принципово змінити саму специфіку роботи моряка, який працює у відкритому природному морському середовищі. Тобто зменшити кількість негативних психогенних факторів, що негативно впливають на психіку працівника. Але, за нашими висновками, забезпечувати високий рівень психоемоційної стійкості моряка є доцільним на підставі розкриття природних психічних резервів його психіки. Саме оптимізація резервних механізмів психіки сучасного працівника морського та річкового транспорту сприятиме виваженим професійним діям в умовах відкритого моря з максимальним збереженням життя та здоров'я кожного члена екіпажу.

За нашими дослідженнями, підвищення рівня психоемоційної стійкості працівників морського та річкового транспорту як фахівців, що працюють в умовах хронічного психічного та психологічного перенапруження, може бути продуктивним на підставі цілеспрямованого та педагогічно виправданого формування та вдосконалення особистої психічної культури кожного працівника цієї сфери, а також курсанта ВМНЗ. З цієї метою ми вважаємо за доцільне наступне:

- усвідомлення і наукове обґрунтування суті та значення проблеми підвищення рівня психоемоційної стійкості професійних моряків, а також курсантів вищих морських навчальних закладів з метою мінімізації аварій на судах різного типу та запобігання пов'язаному з цим травматизму;

- визначення та систематизація правових, соціальних, психологічних, організаційних, економічних чинників, що сприяють поліпшенню психологічної професійної підготовки працівників морського та річкового транспорту;

- визначення найбільш значущих об'єктивних та суб'єктивних факторів, що сприяють дестабілізації функціонування психіки моряка певного посадового статусу;

- визначення та обґрунтування основних напрямків, форм та методів педагогічної роботи зі зміцнення рівня психоемоційної стійкості курсантів та моряків-професіоналів тощо.

Перед керівництвом морського та річкового транспорту, вищих морських навчальних закладів обумовлюється необхідність знаходження та впровадження в практичну дійсність нових та ефективних шляхів психічного самоудосконалення моряків та курсантів ВМНЗ. З цієї метою ми

обґрунтовуємо доцільність формування психічної культури моряка. Цей вид культури передбачає психологічну грамотність, високий розвиток психічних пізнавальних процесів та психологічних властивостей особистості моряка, уміння свідомої психічної саморегуляції.

Певна робота з вирішення цієї проблеми ведеться. Так, удосконалюється зміст нормативних документів, що спрямовані на мінімізацію аварійних ситуацій на морі, зменшення негативних впливів «людського» фактору. З метою забезпечення елементів психологічної грамотності в навчальні плани ВМНЗ України введено, як обов'язковий, навчальний курс «Психологія». Його основне призначення полягає у знайомстві курсантів з сутністю, закономірностями та механізмами функціонування їх особистої психіки, з основними психічними пізнавальними процесами – відчуттям, сприйняттям, пам'яттю, уявою, мисленням, із психологічними властивостями – темпераментом, здібностями та характером. Майбутні працівники морського та річкового транспорту вивчають сутність та значення основних емоційно-вольових станів, причини та наслідки афективних станів, стресів, фрустрації.

Проблемам психологічної професійної підготовки моряка приділяється увага і в Херсонському державному морському інституті. Так, у процесі вивчення навчального курсу «Психологія» курсанти знайомляться з механізмами свідомої психічної саморегуляції, технологією користування методами свідомого психічного самовпливу. У майбутньому це буде підставою протистояння впливу різноманітних психогенних факторів на підставі активізації резервних механізмів психіки моряка. Курсанти II курсу вивчають актуальні та потенційні можливості своєї психіки. У ХДМІ також має перспективу розвиток психологічного центру, до функцій якого входить тестування курсантів з метою вивчення характеру їх індивідуальних психологічних властивостей, проведення елементів психологічного тренінгу з удосконалення рівня психоемоційної стійкості та розвитку професійно доцільних рис характеру, зокрема мужності, відповідальності, наполегливості, працьовитості, тактовності тощо. Доцільним вважається проведення індивідуальних бесід, надання відповідей на окремі питання курсантів з проблем особистих взаємовідносин, побуту, навчання тощо. Корисним може бути активізація просвітницької роботи з боку працівників психологічного центру з проблем психологічної готовності курсантів до проходження практики та виконання обов'язків кадетів, а також зі студентами заочної форми навчання з проблем забезпечення професійної психологічної комфортності. Існує перспектива поповнення бібліотечного фонду ХДМІ новітньою науковою, науково-методичною та навчально-практичною літературою з психології тощо.

З метою пошуку педагогічних шляхів зміцнення емоційно-вольової сфери курсантів вищих морських навчальних закладів та підвищення рівня їх психологічної підготовки до професійних дій у нестандартних умовах відкритого морського середовища, замкненого соціального середовища

особливу увагу ми акцентуємо на значущості методів тренінгової спрямованості. Ми підкреслюємо особливу значущість методів цієї групи щодо формування вмінь психічної свідомої саморегуляції як органічного компоненту психічної культури моряка. У широкому розумінні свідомі психічна саморегуляція є свідомо контрольованим психічним самовпливом, який здійснюється особою за допомогою специфічних методів з метою оптимізації свого індивідуального психофізіологічного стану. Також свідомі психічна саморегуляція розглядається нами як органічний компонент індивідуальної психічної культури працівника морського та річкового флоту [1].

При визначенні видів тренінгу та обґрунтуванні їх доцільності ми виходимо з урахування наступних факторів: а) наявність об'єктивних закономірностей функціонування психіки моряка; б) наявність у структурі його психіки фаз різного призначення; в) органічна єдність у структурі психіки працівника морського та річкового транспорту усіх психічних явищ; г) необхідність підвищення рівня психоемоційної стабільності курсантів ВМНЗ як майбутніх дипломованих працівників. Саме ці та інші фактори дозволяють визначити психологічний самотренінг та його різновиди достатньо впливовим педагогічним методом психічного та психологічного самоудосконалення.

Специфіка психологічного самотренінгу розкривається в його синтетичності, зокрема: а) самоспрямованості дій курсанта як майбутнього моряка, що зобов'язує його діяти самостійно та цілеспрямовано; б) процесуальності, що вимагає виділення певного часу для формування та закріплення певних психічних реакцій, умінь та навичок свідомого психічного самовпливу; в) значна активізація в структурі психіки майбутнього дипломованого моряка усіх її компонентів – психічних явищ, фаз та рівнів, індивідуального «я»; г) наявність технології самотренінгу, що складається з різноманіття інших методів та прийомів.

На основі врахування визначеної специфіки самотренінгу як сукупного педагогічного методу, а також уже існуючих у педагогіці класифікацій методів, в основу загальної класифікації методів тренінгової спрямованості нами покладено принцип функціонального призначення. Цей принцип, як ми вважаємо, дозволяє забезпечувати орієнтацію курсантів на мету свого професійного психічного та психологічного самовдосконалення у межах професійної підготовки. Цей принцип спрямовано на розмежування функцій кожної з двох основних груп методів тренінгової спрямованості:

а) підвищення, оптимізацію рівня актуальної фази психіки курсанта та окремих характеристик його психічних явищ;

б) свідому оптимізацію резервних фаз психіки – потенційної та інтуїтивної, що і буде підставою реального протистояння психогенним факторам.

Тому ми обґрунтовуємо доцільність об'єднання видів самотренінгів у дві основні групи:

- а) «актуалізуючі»;
- б) «стимулюючі».

Висновки. Безумовно, упровадження в процес професійної психологічної підготовки моряків психологічних тренінгових технологій не вирішить повністю проблему підвищення рівня психоемоційної стійкості курсантів як майбутніх професіоналів. Ця проблема повинна розв'язуватися на підставі системного комплексного підходу. Але опора на резервні механізми психіки сучасного професійного моряка, доцільність якої обґрунтовується нами у статті, може розглядатися стратегічно значущою щодо забезпечення високого рівня психоемоційної стабільності сучасного моряка на підставі оптимізації потенційних можливостей його психіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зайцева Т.Г. Свідома саморегуляція як компонент психічної культури працівника ОВС : практикум. – Херсон : ХЮІ НУВС, 2003. – 68 с.
2. Гримак Л.П. Резервы человеческой психики. Введение в психологию активности. – М. : Политиздат, 1987. – 284 с.
3. Позолотин Л.А., Торский В.Г. Конвенция ПДМНВ – 78–95 / Обзор основных изменений. – Одесса : Порты Украины, 1998. – 40 с.
4. Торский В.Г., Топалов В.П. Управление судовыми экипажами : навчально-практичний посібник. – Одеса : Астропринт, 2000. – 212 с.
5. Позолотин Л.А., Торский В.Г. Международные конвенции, кодексы, рекомендации ИМО и МОТ. – Одесса : Астропринт, 1998. – 108 с.
6. Топалов В.П., Торский В.Г. Международные соглашения и документы, регламентирующие морское судоходство. Части I–III. – Одесса : ИКУ ОГМА, 1996. – 72 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ У СВІТЛІ ПРИНЦИПІВ БОЛОНСЬКОГО ПРОЦЕСУ

*Казанчан А.К., Молчанов А.О.,
Херсонський державний морський інститут*

Вступ. Вхідження України до європейської освітньої системи пов'язано з її модернізацією: "...настав час перейти до нової філософії освіти, заснованої на підготовці випускників вищих навчальних закладів до конкретного ринку праці" [1]. Фактично це означає, що випускники вищих навчальних закладів повинні набути необхідного рівня професійної компетенції, що дозволять виконувати майбутню професійну діяльність. Сучасне навчання націлене на отримання знань, так зване „знанняве” [2], із цим справитися не може.

Відповідно до вимог Болонської декларації освітня діяльність – це не тільки і не стільки рівні, модулі, експерименти, кредити, рейтинги. Це передусім нова філософія освітньої діяльності, це нові принципи організації навчального процесу, новий тип стосунків між викладачем і студентом, нові „технології” опанування знань, унеможливлення репродуктивних методів навчання, прозорість навчального процесу і ще багато іншого.

Актуальність дослідження. Сама по собі кредитно-модульна система є необхідною, але, безсумнівно, недостатньою умовою успіху на шляху приєднання української освіти до загальноєвропейської. Без реального підвищення якості навчання, спрямованості на підготовку фахівців, які є конкурентноздатними на вітчизняному, європейському та світовому ринках праці, без продуманої політики щодо науково-педагогічних кадрів ніякі системи не здатні забезпечити досягнення мети, яка в цілому передбачається Болонським процесом.

Уводячи новації, бажано максимально, наскільки це можливо, дотримуватися тих засад, на яких вітчизняна освіта базувалася досі, оскільки багато з них вдаються не тільки звичними, але й досить зручними з огляду на планування навчального процесу. Тим більше, що Болонська конвенція, як відомо, проголошує прихильність до збереження своєрідності змісту і форм викладання освітніх програм, а, отже, і національної та місцевої академічної автономії.

Постановка задачі. Організовуючи навчальний процес в освіті, необхідно постійно впроваджувати у життя методологічну концепцію діалектичної єдності теорії і практики, за кінцеву мету приймати досягнення учнями і студентами міцних знань та стійких практичних навичок з предмету, що вивчається [3]. Цього можна досягти за умов суворого дотримання таких дидактичних принципів навчання: достовірності викладення фактів абсолютно у всіх джерелах, практичного значення

науково-теоретичних знань, можливості й доцільності їх застосування, науковості викладу.

З урахуванням принципів програмованого навчання весь обсяг навчального матеріалу поділяють на окремі логічно пов'язані дози інформації, ні одна з яких не повинна спростовувати іншу під час навчання і у практичній діяльності під час усіх життєвих етапів: школа, ПТУ, виробництво, технікум, коледж, вищий навчальний заклад, знов виробництво, наукова діяльність. Іншими словами, як казав О.В.Суворов, у навчанні повинно бути так, як у бою.

Міцність засвоєння знань досягається тільки тоді, коли раніше отримана інформація про усталені явища на попередньому етапі навчання і у подальшому не суперечать одна одній, вони однаково достовірні й поглиблюють та уточнюють знання відповідно до вікового стану, зв'язують із життям, із тим, що існує на виробництві, у науці і техніці.

Викладення основного матеріалу. Однак, у практиці організації навчального процесу, наприклад, з креслення на всіх його етапах від початкової стадії у довузівській системі підготовки до професійної підготовки у вищих навчальних закладах різних рівнів акредитації допускаються відхилення від реальності, від життя і практики, врешті-решт від вимог стандартів Єдиної системи конструкторської документації, спираючись тільки на „знаннєву” форму організації навчання, наводячи рекомендації, які суперечать дійсності. Наприклад, у навчальному посібнику для студентів вищих навчальних закладів [4, 34] при наведенні вимог до оформлення навчальної документації сказано, що „робота повинна виконуватися на стандартних аркушах розміром 21 x 30 см”. У цьому визначенні допущено дві помилки. По-перше, у кресленні, як і у машинобудуванні, розміри вказують тільки в міліметрах, а, по-друге, що стосується стандартного формату А4 за ГОСТ 2.301-68, то його розміри зі стандартних 210 x 297 мм спотворені до неіснуючих розмірів 21 x 30 см – до більш „круглих” цифр. Цим самим, з одного боку, грубо порушуються вимоги стандарту ЄСКД, а з іншого – намагаються нав'язати “знаннєву” форму навчання, шляхом запам'ятовування розміру сторін форматів, а не пояснення про те, яким чином у стандарті визначені розміри п'яти основних форматів А0, А1, А2, А3, А4, і чому вони мають „некруглі” розміри сторін, як самому їх визначити.

При розробці нової форми виробу завжди виникає питання про його композиційне вирішення, яке передбачає не тільки поєднання форми і змісту, а забезпечує співрозмірність виробу з людиною і довкіллям на основі засобів *композиції*: гармонійності, пропорційності, масштабності, ритмічності, контрастності, симетричності й асиметричності тощо.

Якщо врахувати те, що конструктор під час роботи на робочому конструкторському місці може охопити формат креслення прямокутної форми площею не більше 1 м², а всі креслярські формати за розмірами повинні бути подібними між собою (пропорційність сторін формату), а інші

формати повинні бути одержані шляхом послідовного поділу більшої сторони прямокутника на дві рівні частини паралельно меншій стороні (у цьому випадку формати завжди будуть подібні), позначивши довгу сторону формату через „у”, а коротку – через „х”, то відповідно цим двом умовам можна скласти такі два рівняння:

$$\begin{cases} x \cdot y = 1 \text{ м}^2 \\ \frac{y}{x} = \frac{x}{0,5 y} \end{cases}$$

Вирішивши спільно ці рівняння, одержимо значення сторін формату відповідно для $y = 1189$ мм, для $x = 841$ мм.

Ось звідки формат А0 має такі „некруглі” розміри сторін 1189 x 841 мм, який прийнято за основу. Якщо послідовно поділяти більшу сторону навпіл, то одержують ще чотири формати: А1 (594 x 841), А2 (420 x 594), А3 (297 x 420), А4 (210 x 297). Співвідношення сторін стандартного формату завжди дорівнює величині $1,41 = \sqrt{2}$. При розподілі непарних розмірів навпіл результати округляють до цілого числа (опускають дробову частину, рівну або меншу 0,5).

У програмному матеріалі довузівської підготовки з креслення мало часу приділяється питанню значення стандартизації у справі подальшого розвитку науково-технічного прогресу взагалі, і питанням стандартизації Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД), зокрема. У процесі вивчення питань, що пов'язані з вимогами стандартів ЄСКД до конструкторських документів (текстових і графічних), не наводяться посилання на конкретні номери стандартів, а якщо вони й згадуються, то не більш, ніж на 2-3 стандарти, не знайомлять учнів з оригіналами самих стандартів. Але мета усякого навчання полягає не в передачі учням якоїсь певної суми знань, що через 5-7 років в умовах розвитку науково-технічного прогресу морально застаріває, а навчити їх самостійно добувати ці знання, систематизувати їх. Для цього потрібно навчити учнів працювати зі спеціальною літературою, а, виходить, насамперед, необхідно знати про її існування, познайомити учнів з нею. Тим більше, потрібно знати вимоги відповідних стандартів ЄСКД і те положення, що вони періодично один раз у 3-5 років переглядаються у зв'язку з розвитком науково-технічного прогресу й необхідності внесення у стандарти всього досягнутого передового, нового, прогресивного. Тому, жоден підручник не може угнатися за стандартами, за практикою, за життям. Працюючи тільки з одним підручником із креслення, учень сприймає навчальний матеріал, як раз і назавжди сталі канони, правила й умовності.

Тому, сам собою напрошується висновок про необхідність організації в кабінеті креслення освітнього закладу куточка стандартів ЄСКД, постійно стежити за ними, вносити відповідні зміни, замінити застарілі й скасовані стандарти на знов затверджені, знайомити з ними учнів.

А для вчителя (викладача) з креслення стандарти ЄСКД повинні бути настільною книгою при підготовці до занять. І потрібно привчити учнів осмислювати матеріал підручника через призму стандартів ЄСКД, через першоджерело. Питання стандартизації конструкторської документації повинно проходити червоною ниткою через усі заняття з креслення. Більшість учителів (викладачів) із креслення не використовують у навчальному процесі стандарти ЄСКД, не знають, де і як їх можна придбати, не стежать за змінами, що відбуваються у стандартах. А це все приводить до того, що на уроках із креслення вивчається, часом, учорашній день “знаннявим методом”, а рівень знань учнів не відповідає вимогам науково-технічного прогресу.

Відомо, що робоче креслення виробу, крім зображень, повинно містити також: 1) розміри і їхні граничні відхилення, 2) шорсткість поверхонь, 3) текстову частину, що складається з технічних вимог й (або) технічних характеристик, 4) таблиці з розмірами й іншими параметрами, технічними вимогами, контрольними комплексами, умовними позначками; 5) написи з позначеннями зображень, а також стосовно окремих елементів виробу.

Серед усіх інших написів на кресленні виділяють так званий основний напис, що виконують за ГОСТ 2.104-68. Його розміщують у правому нижньому куті креслення у вигляді прямокутника, розбитого на графи. Цей напис називають основним тому, що він містить у собі основні відомості про виріб, а саме: позначення виробу й документа на нього; найменування або розпізнавальний індекс підприємства, що випустив документ; прізвища й підписи осіб, що розробили даний документ і відповідальних за нормоконтроль; літеру документа, масу виробу, масштаб зображень, позначення матеріалу виробу й, нарешті, порядковий номер аркуша й загальну кількість аркушів, на яких виконано креслення одного і того ж виробу.

При виконанні креслення деталі на двох і більше аркушах, на першому аркуші виконують основний напис за формою 1 (розміром 55 x 185 мм), а на наступних – за формою 2а (15 x 185 мм).

Зрозуміло, усіх названих вимог до робочого креслення виробу неможливо витримати на початковому етапі навчання, тому що учні не мають повного обсягу спеціальних технічних знань.

Тому таку інформацію на навчальному кресленні найкраще опускати, а не спотворювати її під приводом спрощенства. Логічно на початкових навчальних кресленнях не вказувати граничних відхилень розмірів, допусків форми й розташування поверхонь, шорсткість поверхонь, позначення покриттів, термічного й іншого видів обробки, технічних вимог.

Що ж стосується основних написів креслення, то стандартну форму її не можна спотворювати на навчальних кресленнях. Адже без основного напису не обійтися на навчальному кресленні, а в перекручені її форми буде записуватися інформація, що не відповідає стандарту за ГОСТ 2.104-68. Спотворення основного напису на довузівських навчальних кресленнях

пов'язують зі збільшенням часу на його креслення й зменшенням робочого поля формату А4.

Зрозуміло, що на графічне виконання основного напису за ГОСТ 2.104-68 витрачається досить багато часу, а сам процес – не творчий, чисто механічний, що не приносить ніякої користі учневі. Щоб цього уникнути, варто було б або виготовити гумовий штамп основного напису за ГОСТ 2.104-68, щоб учні на своїх кресленнях робили його відбиток, або вирішити це питання на промисловій основі, що є більш раціональним: креслярські альбоми форматів А4 й А3, що випускають для навчальних цілей, типографським способом оформляти з лініями, що обрамлюють поле креслення, основним написом і додатковими графами до нього.

При такій постановці питання ліквідується протиріччя між тим, що вивчається в навчальному закладі й що є насправді у практиці виконання конструкторських документів. Учень ще з довузівського освітнього закладу звикне до чинної на практиці форми основного напису, до тих скорочень, які допускаються при заповненні її граф, до правил їхнього заповнення.

Рекомендації ж щодо заповнення граф *довузівського спотвореного основного напису* суперечать тим, які даються в стандарті за ГОСТ 2.104-68. До того ж він містить у собі й такі графи, яких немає взагалі в стандартній формі або не відповідають стандартним. Наприклад, графа, у якій указується масштаб креслення, у спрощеній формі основного напису не має заголовка, і потрібно здогадатися, що запис за типом 1:1, 1:2 і т.д. позначає масштаб. У той же час за стандартами ЄСКД така форма запису може виконуватися тільки в тому випадку, якщо графа має заголовок "Масштаб". У результаті в учнів виробляються невірні навички щодо заповнення граф основного напису, які згодом треба "переламувати".

Неточно заповнюється й графа, у якій записується матеріал виробу. Даються рекомендації записувати тільки найменування матеріалу, наприклад, "Сталь", "Чавун" і т.д. У той же самий час ГОСТ 2.109-73 у цій графі зобов'язує записувати такі три складові інформації: найменування матеріалу, його марку й номер стандарту, наприклад, "Сталь 45 ГОСТ 1050-88". Нехай учень ще не знайомий з матеріалознавством і не знає правил маркування того чи іншого матеріалу. Але він уже на практиці, у шкільних навчальних майстернях має контакт із різними матеріалами різних марок, виготовляючи ту або іншу деталь на уроках трудового навчання. У цьому випадку марку матеріалу повідомляє йому вчитель трудового навчання. Так і при заповненні відповідної графи основного напису креслення вчитель креслення повинен назвати учневі цілком конкретну марку матеріалу, з якої повинна бути виготовлена деталь, що зображена на кресленні.

При такій постановці питання учні будуть одержувати на першому етапі навчання початкові відомості про марки матеріалів і звикати до правильної форми їхнього запису, а надалі, чи у виробничому цеху заводу, чи під час навчання в технікумі або університеті чи академії вони одержать додаткові відомості про конструкційні матеріали, їхні марки і властивості,

про те, що кожен матеріал повинен відповідати вимогам певного державного стандарту.

На різних етапах навчання учень буде одержувати й різний рівень інформації: спочатку за формою, а потім і за змістом. При цьому ні форма, ні зміст не вступають у протиріччя один з одним, а навчальний процес будуватиметься на методологічній основі – у діалектичній єдності теорії і практики.

У шкільний основний напис невинновдано введена графа, у якій указується номер креслярського аркуша за типом: „№3” (без найменування графи) і опущена графа для позначення креслення. Учні звикають таким чином до того, що в основному написі потрібно вказувати *кількість аркушів графічної роботи*, тому що навчальні завдання нумеруються в послідовності їхнього виконання. В основному написі за ГОСТ 2.104-68 є графи „Аркуш” й „Аркушів”, у яких записується порядковий номер аркуша й загальна кількість аркушів при виконанні креслення того самого виробу на декількох аркушах. При цьому, якщо креслення виконане на одному аркуші, графу „Аркуш” не заповнюють, а в графі „Аркушів” записують одиницю, наприклад, „Аркушів 1”.

Якщо ж креслення виконане на декількох аркушах, то заповнюють кожену із цих граф за типом: „Аркуш 1”, „Аркушів 3”. Тоді на всіх наступних аркушах цього документа виконують основний напис за формою 2а (15 x 185 мм) і на всіх аркушах одного креслення вказують одне і те саме позначення конкретної деталі чи виробу і креслення на нього.

Основний напис розташовують для формату А4 тільки вздовж короткої сторони, для всіх інших форматів – по довгій чи короткій стороні.

На навчальних шкільних кресленнях підручник рекомендує всупереч вимогам стандартів основний напис розташовувати вздовж довгої сторони формату А4. Яка мета? – Щоб забезпечити зручність розташування зображень на полі формату А4. А чи не краще для цієї мети те ж креслення виконати на форматі А3 у більшому масштабі, без порушень вимог стандартів ЄСКД і без необхідності на наступних етапах переучувати учнів?

Відомо, що технічне креслення повністю виткане з умовностей. Застосування їх робить креслення менш схожим на натуру й, отже, більш важким для сприйняття, але в той же час найбільш економічним у процесі його розробки. У стандартах ЄСКД приділене значне місце спрощенням й умовностям у зображеннях виробів на кресленнях. Наприклад, ГОСТ 2.315-68 установлює спрощені й умовні зображення кріпильних деталей і їхніх з'єднань на складальних кресленнях та кресленнях загальних виглядів. Ці спрощення зводяться до наступних основних моментів:

- 1) різьбу показують по всій довжині стрижня болта (шпильки, гвинта);
- 2) фаски на голівці болта, гайці, шайбі й на різьбі не показують;
- 3) не зображають галтелі й зазори між стрижнем болта (шпильки, гвинта) і отвором деталі;

4) на виглядах у напрямку осі болта (шпильки) різьбу на стрижні зображують тільки одним колом, що відповідає зовнішньому діаметру;

5) у з'єднаннях за допомогою шпильки або гвинта різьбовий отвір у корпусі зображують без недорізу (недоріз різьби – це збіг різьби + недовод інструмента до дна глухого отвору).

У підручниках із креслення [5, с. 126, 128, 132], [6, с. 87] спрощення, що зазначені в 3, 4 й 5 пунктах, не витримуються. Виходить неправильне трактування ГОСТ 2.315-68. Якщо з методичної точки зору хочуть підкреслити конструктивні особливості різьбового з'єднання, варто було б привести креслення з'єднання без спрощень, а поруч – зі спрощеннями, як того вимагає ГОСТ 2.315-68. При цьому наочно було б видно суть спрощень за вимогами стандарту.

Нарешті, наводиться емпірична залежність, що встановлює глибину свердління для різьбового глухого отвору під різьбовий загвинчуваний кінець шпильки, що кратна зовнішньому діаметру різьби ($l = 1,5d$). Але для того самого діаметра метричні різьби мають різні значення величин кроку різьби, від якого й залежить величина недорізу різьби. Величина недорізу різьби стандартизована залежно від величини її кроку P . Із практичним ступенем точності на навчальних кресленнях варто приймати глибину свердління під різьбовий загвинчуваний кінець шпильки (гвинта) залежно від його довжини плюс величина недорізу, що дорівнює шести крокам різьби: $6P$. Це значить, що для того самого діаметра різьби, але різних величин кроків необхідно виконувати різьбові отвори різної довжини. Такий підхід дозволить учням пізнати економічні питання виробництва, що залежать від конструктора, розроблювача креслень. Більш довгий різьбовий отвір за часом буде довше виготовлятися, що в остаточному підсумку приведе до зниження продуктивності праці, до більш швидкого виходу з ладу різального інструменту тощо.

У методичній літературі для курсантів морських спеціальностей при наведенні графічної інформації користуються термінологією, якої ніколи не існувало і ніколи надалі не з'явиться, це, наприклад, така термінологія: *схематичне креслення судна; схематичне креслення бокового вигляду судна; загальний вигляд судна або дизеля* тощо.

Схема виробу і креслення на нього з'єднує тільки те, що це *графічні документи*, що створені на основі ліній, але з однією великою різницею: в основу побудови креслення покладено метод ортогонального проєкціювання на взаємно перпендикулярні площини з наступним їх суміщенням з однією (фронтальною) площиною. Тому креслення визначає *форму і розміри* виробу у певному масштабі, а схема – це графічний документ, на якому за допомогою умовних позначень і ліній наведені складові частини виробу і зв'язок між ними. Схему не можна отримати на основі методу проєкціювання. Тому на схемі відсутні форма виробу і її розміри, вона не має масштабу.

Що стосується так званого терміну “загального вигляду” виробу, який перестав існувати з 1968 року з уведенням стандартів Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД), то за ГОСТ 2.305-68 такої назви серед шести чинних основних (вигляд спереду, вигляд зверху, вигляд зліва, вигляд справа, вигляд знизу, вигляд ззаду) взагалі не існує. Але введений термін “креслення загального вигляду”, що має зовсім інше значення, а саме – це конструкторський документ, що містить стільки зображень (виглядів, розрізів, перерізів), текстову частину і написи, які необхідні для розуміння конструктивної будови і розмірів всього виробу та його складових частин, їх взаємодії між собою і принципу роботи виробу. За кресленням загального вигляду виконують креслення кожної складової частини виробу і складальне креслення на весь виріб, тобто робочі креслення.

Таким чином, щоб забезпечити міцність знань в учнів з предмету, що вивчається, необхідно не порушувати відомих дидактичних принципів навчання, а методологічну концепцію діалектичної єдності теорії і практики зробити нормою навчального процесу з будь-якого предмету.

Ще слід відзначити один із факторів, що впливає на якість навчального процесу: вища освіта все ще не може позбутися одного з суттєвих недоліків, який складався роками – хибної тенденції до дріблення курсів, формування навчального плану не з урахуванням інтересів студентів, а під конкретного викладача кафедри. Багато дисциплін навчальних планів підготовки фахівців мають загальний обсяг 1,0-1,5 кредиту, а близько 50 % дисциплін – не більше двох кредитів.

Постає запитання: „А що поганого у тому, що ми маємо велику кількість дисциплін? Може це слід уважати нашим позитивом чи здобутком?!” За нашою оцінкою, надмірна кількість дисциплін (а по суті – це міні-дисципліни) – явище, що має переважно негативні наслідки, а саме:

1. Кожна дисципліна повинна мати чітко визначений предмет і логіку викладення матеріалу. Це має бути матеріал системного характеру, система знань. Цієї системи знань за природою не може бути у міні-дисциплінах.

2. Міні-курс передбачає відповідну кількість годин, у межах яких знову ж таки за природою неможливо запровадити тренінгові технології, організувати виконання комплексних завдань.

3. Велика кількість міні-дисциплін – це неминуче дублювання у викладенні матеріалу, існують масові ситуації, коли один і той самий категоріальний апарат розглядається у 3–4 дисциплінах, до того ж у різній інтерпретації.

4. Завелика кількість дисциплін, і передусім нагромадження тих, які слід розглядати як розділ повноцінного курсу, призводить до перевантаження студентів і викладачів.

Висновки. Щоб забезпечити одну з декількох основних цілей Болонського процесу – отримання необхідної якості вищої освіти, взаємного визнання кваліфікацій і відповідних документів про вищу освіту, необхідно на всіх етапах організації навчального процесу в освіті постійно

впроваджувати у життя методологічну концепцію діалектичної єдності теорії і практики, суворо дотримуватися таких дидактичних принципів навчання: достовірності викладення фактів абсолютно у всіх джерелах, практичного значення науково-теоретичних знань, можливості і доцільності їх застосування, науковості викладу, що все разом дозволить учням і студентам досягти міцних знань і стійких практичних навичок із предмету, що вивчається.

У навчальних планах вищих навчальних закладів не повинно бути міні-дисциплін із загальним обсягом 1,0–1,5 кредиту. Велика кількість міні-дисциплін призводить до неминучого дублювання у викладенні матеріалу до того ж із різною інтерпретацією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Модернизация высшего образования Украины и Болонский процесс / [М.Ф.Степко, Я.Я.Болюбаш, К.М.Левкивский и др.] // Образование Украины. – № 60–61. – С. 4–6.

2. Бадмаев Б.Ц. Психология и методика ускоренного обучения. – М. : Владос, 1998. – 86 с.

3. Казанчан А.К. Методологічну концепцію діалектичної єдності теорії і практики – в повсякденне життя (на прикладі навчального процесу з креслення): матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції [«Становлення якісного освітянського середовища як об'єкт педагогічного дослідження»]. – Херсон : Айлант, 2006. – вип. 9. – С. 266–269.

4. Мороз І.В. Структура дипломних, кваліфікаційних робіт та вимоги до їх написання, оформлення і захисту. – К. : Видавництво „Курс”, 1997. – 56 с.

5. Анисимов М.В., Анисимова Л.М. Креслення : підручник. – К.: Вища школа, 1998. – 239 с.

6. Машиностроительное черчение : учебное пособие для вузов / С.А.Фролов, А.В.Воинов, Е.Д.Феоктистова. – М. : Машиностроение, 1981. – 304 с.

ВИХОВНІ АСПЕКТИ ВИКЛАДАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН

Моїсеєнко Л.Л.,
Херсонський державний морський інститут

Вступ. Формування фахівців за напрямом «Морський та річковий транспорт» передбачає різні аспекти підготовки для їх подальшої діяльності, зокрема такі як, фундаментальну, гуманітарну, спеціальну професійну, морально-етичну та інші види підготовки.

Актуальність досліджень. Специфічні умови виконання професійних обов'язків майбутніх фахівців – випускників вищих морських закладів освіти (їх посадовий рівень – належність до офіцерського складу команди з різним національним забарвленням, сам факт перебування за межами держави та ін.) обумовлюють необхідність формування у них обов'язкових особистісних рис. Тому основним завданням підготовки фахівців морських закладів освіти повинен стати не тільки достатній рівень професійних знань і вмінь за спеціальністю, але й широкий спектр виховних заходів формування особистості морського офіцера через дисципліни навчального плану, серед яких такі очевидні виховні аспекти, як світоглядний, методологічний, патріотичний, економічний, екологічний, моральний, естетичний тощо.

Постановка задачі. На наш погляд, ця публікація не претендує на категоричні рекомендації до впровадження, а, виходячи з багаторічного досвіду, повинна стати запрошенням до широкої дискусії всіх викладачів з підготовки морських фахівців і, зокрема, викладачів фундаментальних, загальноінженерних та спеціальних технічних дисциплін щодо доцільності, повноти переліку виховних аспектів, змістовних можливостей програмного матеріалу відповідних навчальних дисциплін та ін.

Кожна дисципліна навчального плану передбачає одержання курсантами певного обов'язкового переліку знань та вмінь. Разом із тим у кожній навчальній дисципліні в певній мірі можна виділити низку тих чи інших виховних аспектів і акцентувати на них увагу під час вивчення програмних питань протягом відведеного навчальним планом часу.

Результати досліджень. Перш за все, слід звернути увагу на формування у студентів світогляду при вивченні відповідної навчальної дисципліни на основі уявлень історичного розвитку наукових та педагогічних досліджень.

Проілюструвати розвиток світогляду протягом історично короткого проміжку часу можна на яскравому прикладі від ще до недавно примітивних уявлень про суть електричних явищ, наведених у підручнику фізики проф. Двигубського І.А. для студентів Московського університету (1825 р.), де говориться про електричні іскри, наелектризовані тіла тощо і тут же зазначається: *“Какова же природа вышеприведенных явлений? До сих пор она неизвестна, а для объяснения применяют испытатели природы особую*

материю жидкую, чрезвычайно упругую и тонкую, находящуюся во всех телах, которую назвали материею электрической, которой сущности, однако ж, не знают... [1] та у підручнику з фізики О.Д. Хвольсона “... *Электрический ток представляет собою явление О внутренней сущности этого явления мы, однако, не имеем ясного, установившегося в науке представления. ... электрический ток представляет особый случай энергии движения эфира ..., но о характере движения и даже о месте, где оно происходит, нам ничего достоверного неизвестно.*” [2] до сучасних квантово-механічних поглядів.

Методологічні уявлення, як сукупність часткових (у кожній конкретній науці) і загальних, а також філософських (системи діалектичних) методів і прийомів дослідження [3], зокрема, про рух пізнання від явищ до їх суті притаманний всім напрямкам наукових досліджень. І в кожній навчальній дисципліні слід виявляти такий рух пізнання, спрямований у глибину процесів і розкриття їх суті і законів, що дозволяють повніше оволодіти цими процесами з метою їх практичного використання. У структурі наукового пізнання, зокрема, технічні науки формувалися як додаток природознавства до певного класу інженерних задач.

То ж обґрунтування уявлень про ті чи інші напрямки інженерної думки формуються на підґрунті відповідних досягнень природничих та філософських наук, у тому числі на підставі молекулярно-кінетичної теорії, сучасних уявлень про будову атома, квантово-механічної теорії, філософських понять та категорій тощо, які перебувають на певному сучасному рівні свого розвитку.

Посиленню методологічної спрямованості певних форм засвоєння програмного матеріалу навчальних дисциплін (лекційних та лабораторно-практичних занять, технологічних практик, відповідного оформлення навчальних приміщень тощо) повинно сприяти вдосконалення навчальних планів і програм навчальних дисциплін, використання ефективних методів навчання, зокрема, проблемного навчання, розширення і конкретизація міжпредметних зв'язків та обговорення цих питань на методологічних кафедральних і міжкафедральних засіданнях тощо.

Розширення світогляду у курсантів та зміцнення їх свідомого патріотичного переконання можна досягати шляхом наведення прикладів про внесок учених-співвітчизників у розвиток тієї чи іншої галузі науки і техніки у відповідній навчальній дисципліні. Зокрема, у галузі електротехнічних знань це внесок М. Ломоносова, Е. Ленца, В. Петрова, М. Доліво-Добровольського, П. Яблочкова, І. Усагіна, Б. Якобі, Н. Славянова, Н. Бенардоса та ін.

Ефективною формою виховання патріотичних рис у майбутніх морських фахівців доцільно вважати таку, що розглядає сучасні досягнення та державні пріоритети у певних галузях відповідних навчальних дисциплін. Скажімо, у курсі «Технологія матеріалів» доцільно показати різносторонні досягнення: в галузі матеріалознавства та внесок у цю галузь академіків

В. Вернадського та О. Богомольця, у галузі електрозварювання матеріалів та вклад академіків Є. Патона та Б. Патона у цю галузь, можливості та досягнення вітчизняного металургійного виробництва, одержання нових матеріалів та методів їх обробки для космічної та авіаційної техніки, досягнення у військовій техніці тощо. Сучасні вітчизняні досягнення в галузі новітніх технологій та нових матеріалів відкрили нові можливості створення технічних зразків космічної, авіаційної, військової та ін. напрямків техніки, аналогів яким не існує на світовому рівні.

Разом із цим, на сучасному етапі економічного розвитку суспільства і, зокрема, кризового стану промисловості особливу увагу слід звернути на економічне виховання при вивченні програмних питань окремих навчальних дисциплін.

Так, з точки зору економічної доцільності доречно розглянути в курсі електротехніки питання широкого використання трифазних систем живлення та їх переваги (особливого економічного характеру) перед однофазними, застосування високої напруги в лініях електропередач, використання нових енергозберігаючих джерел світла тощо. У навчальних дисциплінах циклу технічної механіки доцільно загострити питання економії матеріалів, як проблемну програму металоємності виробництва готових виробів; у курсі технології матеріалів – виробництво та використання нових, більш дешевих, матеріалів з покращеними характеристиками, застосування новітніх економічно обґрунтованих способів виробництва, обробки та утилізації традиційних матеріалів тощо.

В умовах значної урбанізації та використання нових сучасних матеріалів і видів енергії питання екологічного виховання є досить актуальним. У цьому контексті доцільно розглядати питання ролі технологічних процесів певних галузей господарства у виникненні екологічних проблем. Слід пам'ятати, що найбільший внесок у забруднення природного середовища вносять різноманітні технологічні процеси теплових установок (теплових електростанцій, дизельних і карбюраторних двигунів тощо), металургійних та хімічних підприємств. Стічні води та вихлопні гази забруднені шкідливими речовинами і мають високу температуру, що спричиняє не тільки хімічне, але й теплове забруднення довкілля (водоймищ, сільськогосподарських угідь, рослинності, повітряного середовища та ін.).

У різних навчальних дисциплінах слід акцентувати увагу на окремих шкідливих впливах виробництва на природне середовище. Зокрема, у курсі технології матеріалів слід наголошувати на процесах металургійного виробництва, що характеризується високим споживанням ресурсів і великою кількістю відходів, серед яких пил, оксид вуглецю, сірчанистий ангідрид, коксовий газ, сірководень, вуглеводні та ін. Металургійна промисловість споживає велику кількість води, яка забруднюється в процесі виробництва.

Найбільш небезпечним виробництвом хімічної промисловості є виробництво аміаку, кислот, анілінових фарб, хлору, різноманітних добрив, синтетичного каучуку, ртуті, карбїду кальцію тощо.

Значний внесок у забруднення атмосфери вносять транспортні засоби (автомобілі, літаки, судна та ін.) з використанням бензинових двигунів та застосуванням акумуляторних джерел живлення.

Неочікувані екологічні наслідки виникають і в процесі розвитку електронного виробництва, де для одержання виробів необхідна надто чиста сировина. Для одержання чистої сировини необхідна багаторазова очистка, а повторне використання води при цьому стає неможливим [4].

У такому випадку необхідно розглядати питання створення безпечних екологічних умов як на рівні конструювання та технології виготовлення обладнання та машин, так і на рівні їх ефективної експлуатації. Питанням екологічного виховання слід приділяти увагу не тільки у процесі вивчення окремих навчальних дисциплін, але і в процесі підготовки випускних (дипломних) робіт.

Виховання естетичних поглядів випускників морських навчальних закладів слід здійснювати практично у всіх навчальних дисциплінах. Причому формування естетичного розуміння та бачення у курсантів доцільно передбачати у рівній мірі як через загальноприйняті поняття та категорії, так і через поняття та категорії промислової естетики, що для морських фахівців є суттєвою складовою їх професійної діяльності.

Естетичні погляди і переконання слід закладати уже на рівні конструювання окремих деталей, обладнання, машин, систем. Естетичність повинна бути присутньою під час монтажних робіт, вибору форм, кольорів, символів, шрифтів написів, доцільності і широти інформації тощо. І навіть такий короткий перелік формувальних понять естетичного виховання може знайти віддзеркалення у багатьох навчальних дисциплінах і забезпечити всебічність естетичних поглядів майбутнього фахівця.

Висновки. Всі, і не тільки ці, виховні аспекти навчальних дисциплін навчального плану поряд із фаховою підготовкою та морально-етичним вихованням зможуть дійсно сформувати повноцінного морського офіцера.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Двигубський І.А. Курс фізики. – М. : Изданіе Моск. університета, 1825. – 568 с.
2. Хвольсон О.Д. Курс фізики. – С.-Петербург : Изданіе К.Л. Риккера, 1897. – 674 с.
3. Сидоренко В.К., Дмитренко П.В. Основи наукових досліджень. – К. : РННЦ “ДІНІТ”, 2000. – 260 с.
4. Боков В.А., Лущик А.В. Основы экологической безопасности : учебное пособие. – Симферополь : СОНАТ, 1998. – 224 с.

**НАУКОВО-ДОСЛІДНА РОБОТА ВИКЛАДАЧІВ І СТУДЕНТІВ НА
КАФЕДРИ "СУДНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ" У 2007/08 н.р.**

*Настасенко В.О.,
Херсонський державний морський інститут*

Аналіз стану проблеми, обґрунтування мети і задач дослідження.

Науково-дослідна робота на кафедрах вищого навчального закладу (ВНЗ), як основних структурних підрозділів ВНЗ, є однією з головних складових частин їх діяльності. Вона повинна охоплювати як викладачів, так і студентів, тому особливе значення має для випускових кафедр, оскільки надає найбільш повну і досконалу підготовку випускників до творчої праці за обраним фахом. Крім того, вона забезпечує вирішення актуальних наукових проблем, важливих для народного господарства, а також є основою для підготовки майбутніх кадрів вищої кваліфікації – викладачів самих кафедр. Важливість і актуальність цієї роботи не викликала сумнівів зі стародавніх часів та часів створення першого вузу України – Києво-Могилянської академії, і до сьогодні, про що завжди піклувалися кращі вчені країни, починаючи з П. Могили і Г. Сковороди, і до нинішнього професорського-викладацького складу провідних вузів країни, де створено більше, ніж дві тисячі різноманітних наукових шкіл і майже триста вчених рад із захисту дисертаційних робіт. Виконання всіх видів зазначеної роботи є також однією з головних вимог Міністерства освіти і науки України, що підтверджується при регулярному проведенні акредитації ВНЗ.

Актуальність роботи обумовлена постійно зростаючими вимогами до рівня науково-дослідної роботи і викладацького складу кафедр і ВНЗ, від якого в значній мірі залежить якість підготовки ними сучасних спеціалістів. Особливо гостро проблеми організації і проведення науково-дослідної роботи і підвищення науково-педагогічної кваліфікації викладачів стоять для недавно створених ВНЗ, наукові школи в яких, у більшості випадків, ще не склалися, а продуктивні ідеї – ще не знайдені, або не мають належного рівня проробки.

Мета досліджень – комплексний аналіз можливих напрямків науково-дослідної роботи, які відповідають сучасним потребам розвитку вищої освіти і розвитку народного господарства країни, відповідно до умов Херсонського державного морського інституту.

Результати досліджень дозволяють не тільки виявити основні можливі наукові напрямки, а й розпочати роботу над ними, що забезпечує вирішення 3-х основних задач, які стоять перед сучасною вищою школою: 1) підвищення творчого потенціалу і наукових здібностей випускників ВНЗ; 2) підвищення науково-педагогічного рівня викладачів ВНЗ; 3) розв'язання перспективних і нагальних науково-господарських потреб країни.

Розробка основних шляхів досягнення поставленої мети. Кафедра "Суднові енергетичні установки" Херсонського морського інституту була створена разом з інститутом у 2004 році, спочатку як кафедра "Експлуатація судових енергетичних установок", для підготовки спеціалістів з напрямку 1003 "Судноводіння і енергетика суден", спеціальності 7.100302 "Експлуатація судових енергетичних установок". Особливістю інституту є створення його на базі середнього спеціального навчального закладу, де вимоги до проведення науково-дослідної роботи були другорядними, а власні наукові школи не створювалися, прогресивні наукові ідеї хоч і мали місце, але рідко розроблялися на потрібному рівні.

У першому складі кафедри працювали тільки викладачі-погодинники, всього 8 працівників, із них: 1 д.т.н., професор, завідувач кафедри, 3 к.т.н., доценти та 4 старших викладачів. У 2005/06 навчальному році працювало вже 3 штатних працівників: зав. каф., д.т.н., професор та 2 к.т.н., доцента, а також 3 сумісника, всі – к.т.н., доценти, і 6 погодинників: 1 к.т.н., доцент і 5 старших викладачів, всього 12 працівників. У 2006/07 навчальному році працювало вже 7 штатних працівників, з них 6 – к.т.н., доценти і 1 старший викладач, а також 10 сумісників, з них 5 к.т.н., доцентів і 5 старших викладачів, та 1 погодинник – старший викладач, усього 18 працівників, однак керівництво кафедрою здійснював к.т.н., доцент, який працював за сумісництвом, що зменшувало його участь у науковій роботі кафедри – жодних тем під його керівництвом у цей рік не велося.

У 2007 році Херсонський морський інститут здобув статус державного (далі – ХДМІ), а кафедра, відповідно до вимог стандарту Міністерства освіти і науки України, була перейменована у кафедру "Судові енергетичні установки" (далі – СЕУ), на ній працювало 14 штатних працівників: 8 к.т.н., доцентів, у т.ч. зав. кафедри та 6 старших викладачів, 3 сумісників, з них 2 к.т.н., доценти та 1 асистент, а також 1 погодинник – ст. викладач, усього 18 працівників, що вказує на стабілізацію кількісного та на ріст якісного складу кафедри.

Фундаментальні та прикладні наукові дослідження проводилися на кафедрі з часу її створення. У 2004-2007 навчальних роках вона велась за такими 4-ма напрямками:

1. Нелінійне просторове деформування морських гнучких конструкцій (д.т.н., проф. Кравцов В.І., к.т.н., доц. Білоусов Є.В., к.т.н., доц. Бурак В.Г.).

2. Розробка, конструювання та експериментальне дослідження судових енергетичних установок для робототехнічних підводних систем (д.т.н., проф. Кравцов В.І., к.т.н., доц. Горячкин В.Ю., к.т.н., доц. Білоусов Є.В.).

3. Використання числових методів розрахунку гнучких просторово скривлених пристроїв для тралення при опередженні судна-носія (д.т.н., проф. Кравцов В.І., к.т.н., доц. Корніловська Н.В., к.т.н., доц. Білоусов Є.В.).

4. Розробка прикладних програм для розрахунку суднових допоміжних систем (трубопроводів) (проф. д.т.н. Кравцов В.І., асп. Дубовенко С.В., асп. Лисих А.Ю.).

При цьому не всі викладачі кафедри були задіяні в науково-дослідній роботі, її напрямок не відповідав напрямку підготовки спеціалістів на кафедрі СЕУ, а такий важливий напрямок, як науково-дослідна педагогічна робота взагалі не розроблявся.

З 2007 року розпочався новий етап у проведенні фундаментальних та прикладних наукових досліджень на кафедрі СЕУ, які були сформовані у 2 основних та у 3 додаткових напрямки:

1-й основний напрямок – удосконалення процесу викладання навчальних дисциплін, закріплених за кафедрою (науковий керівник – завідувач кафедри к.т.н., доцент Гончаренко А.В., виконавці – усі викладачі кафедри).

У рамках цього напрямку передбачається розробка таких головних тем:

1.1. Аналіз і удосконалення концепції розвитку спеціальності 7.100302 "Експлуатація суднових енергетичних установок", що обумовлено зростанням вимог до підготовки даних фахівців у сучасних умовах постійного розвитку морського і річкового транспорту України та країн світу; виконавці – всі викладачі кафедри.

1.2. Аналіз і удосконалення навчальних планів, що обумовлено зростанням вимог до підготовки фахівців у сучасних умовах постійного розвитку морського і річкового транспорту України та країн світу, а також розвитком вітчизняних стандартів освіти; виконавці – всі викладачі кафедри.

1.3. Аналіз і удосконалення робочих програм дисциплін, відповідно до зростаючих вимог до підготовки даних фахівців у сучасних умовах постійного розвитку морського і річкового транспорту України та країн світу, а також вимог чинних стандартів освіти і кредитно-модульної системи; виконавці – методична комісія кафедри та викладачі, що читають відповідні курси.

1.4. Аналіз і удосконалення навчально-методичного забезпечення, що передбачає не саме його створення, а наукове обґрунтування та пошук нових шляхів і форм розвитку, обумовлених ростом вимог у сучасних умовах підготовки фахівців і реформи вищої школи; виконавці – методична комісія кафедри та викладачі, що читають відповідні курси.

1.5. Аналіз і удосконалення матеріально-технічного забезпечення, що передбачає не саме його створення, а наукове обґрунтування і пошук нових шляхів і форм розвитку, обумовлених ростом вимог у сучасних умовах підготовки фахівців і реформи вищої школи; виконавці – методична комісія кафедри та викладачі, що створили чи використовують відповідне матеріально-технічне забезпечення.

1.6. Аналіз і удосконалення профорієнтаційної роботи, що передбачає науковий пошук нових шляхів і форм розвитку, обумовлених ростом вимог у

сучасних умовах підготовки фахівців і реформи вищої школи; виконавці – методична комісія та всі викладачі кафедри.

1.7. Аналіз і удосконалення професійної адаптації випускників кафедри – бакалаврів та спеціалістів, що передбачає науковий пошук нових шляхів і форм розвитку, обумовлених ростом вимог у сучасних умовах підготовки фахівців і реформи вищої школи; виконавці – методична комісія та всі викладачі кафедри.

1.8. Аналіз і удосконалення навчально-виховного процесу та його управління, що передбачає науковий пошук нових шляхів і форм розвитку, обумовлених ростом вимог у сучасних умовах підготовки фахівців і реформи вищої школи; виконавці – методична комісія, куратори груп за участю у виховному процесі всього педагогічного і допоміжного складу кафедри.

По наведеним науковим темам 1-го основного напрямку передбачається створення робочих зв'язків з Одеською національною морською академією, Херсонським державним університетом та іншими навчальними та науковими закладами, що займаються проблемами вдосконалення навчального процесу, включаючи АПН України, центри післявузівської професійної підготовки Міністерства освіти і науки України та провідних судноплавних компаній, у т.ч. закордонних. Результати виконаної роботи дозволяють підвищити рівень викладання всіх дисциплін, закріплених за кафедрою СЕУ, і рівень підготовки випускників – бакалаврів та спеціалістів. Вони можуть бути використані як у ХДМІ, так і в інших вузах України.

2-й основний напрямок – дослідження й удосконалення суднових енергетичних установок, супутніх пристроїв та процесів, що забезпечують їх роботу (наукові керівники тем напрямку – провідні спеціалісти кафедри, к.т.н., доценти, виконавці – всі викладачі кафедри).

У рамках цього напрямку передбачається розробка таких головних тем:

2.1. Підвищення техніко-економічної ефективності експлуатації суднових енергетичних установок та зниження витрат палива судна шляхом удосконалення конструкції конкретних технічних об'єктів і систем: наукові керівники – зав. кафедри к.т.н., доцент Гончаренко А.В. та к.т.н., доценти: Настасенко В.О., Білоусов Є.В., Овчарук О.М., виконавці – провідні викладачі кафедри.

2.2. Підвищення ефективності експлуатації суднових енергетичних установок та зниження витрат палива судна шляхом використання природних видів енергії, з детальним аналізом витрат палива у суден різних класів і розробкою на винахідницькому рівні:

- вітроенергетичних установок (що дозволяють забезпечити роботу допоміжних суднових систем та приладів) – науковий керівник – к.т.н., доцент Настасенко В.О., виконавці: бакалавр Вихор Г.С., ХДМІ;

- біоенергетичних установок (що дозволяють забезпечити роботу допоміжних суднових систем та приладів) – науковий керівник – к.т.н., доцент Настасенко В.О., виконавці: бакалавр Проценко О.П., ХДМІ;

- хвилюєнергетичних установок (що дозволяють забезпечити роботу допоміжних суднових систем та приладів) – науковий керівник – к.т.н., доц. Настасенко В.О., виконавці: бакалавр Закирничний К.І., ХДМІ;

- хвилюєнергетичних установок (що дозволяють забезпечити роботу головних ходових судових систем та механізмів) – науковий керівник – к.т.н., доц. Настасенко В.О., виконавці: бакалавр Корчагін К.О., ХДМІ.

2.3. Розробка системи моніторингу робочого процесу суднових поршневих двигунів (що дозволить забезпечити підготовку інформації для підвищення ефективності експлуатації суднових двигунів та зниження витрат палива судна) – науковий керівник – к.т.н., доц. Білоусов Є.В.

З усіх тем другого напрямку передбачається встановлення зв'язків з Миколаївським кораблебудівним університетом та з його філією в м. Херсоні, з НПО «Зоря-Машпроект» м. Миколаїв, з судновиробниками м. Миколаєва, Херсона, з Новокаховським електромашинобудівним заводом та з окремими судновласниками. Планується також вихід на закордонних судновиробників, судновласників і виробників електричних машин. Результати виконання робіт передбачають поліпшення техніко-економічних показників експлуатації СЕУ, удосконалення їх конструкцій та економію палива.

1-й індивідуальний науковий напрямок – удосконалення ріжучих інструментів, технологічних процесів, металорізальних верстатів і пристроїв для їх виробництва, а також зубчастих і цепних передач та створених на їх базі машин і механізмів – науковий керівник – к.т.н., доцент Настасенко В.О.

У рамках цього напрямку передбачається розробка таких головних тем:

- розробка на винахідницькому рівні, дослідження і впровадження у виробництво нового виду торцювих фрез, оснащених непереточуваними різальними пластинами бокової схеми різання, та самих пластин (виконавець – аспірант Урсал К.Г., ХНТУ);

- розробка на винахідницькому рівні, дослідження і впровадження у виробництво нового виду дискових і відрізних фрез з непереточуваними різальними пластинами бокової схеми різання, та самих пластин (виконавець – магістр Вірич В.В., МНСУ);

- розробка на винахідницькому рівні, дослідження і впровадження у виробництво нового виду відрізних різців з непереточуваними різальними пластинами бокової схеми різання, та самих пластин (виконавець – магістр Бабій М.В., ХЕМЗ);

- розробка на винахідницькому рівні, дослідження і впровадження у виробництво нового виду кільцевих свердел з непереточуваними різальними пластинами бокової схеми різання, та самих пластин (виконавці – бакалаври Братишева Ю.М., Лебзін В.М., ХНТУ);

- розробка на винахідницькому рівні, дослідження і впровадження у виробництво багатозахідних високоточних двухполосних гіперболоїдних цільних і збірних черв'ячних абразивних зуборізних кругів, що передбачає їх

використання для високопродуктивної високоточної чистової обробки загартованих зубчастих коліс (виконавець – магістр Лавренко М.М., ХНТУ);

- розробка на винахідницькому рівні, дослідження і впровадження у виробництво високоточних двухполостних гіперболоїдних черв'ячних фрез із механічним кріпленням непереточуваних різальних пластин, що передбачає їх використання для високопродуктивної високоточної чорнкової і чистової обробки зубчастих коліс (виконавець – магістр Яремчук М.О., ХНТУ);

- розробка на винахідницькому рівні, дослідження і впровадження у виробництво багатозахідних високоточних двухполостних гіперболоїдних черв'ячних передач, що передбачає їх використання у різних редукторах, металорізальних верстатах, вимірювальних приладах та у приводі автомобіля (виконавці – бакалаври Подзолков О.І., Дубовик Ю.М., ХНТУ);

- розробка на винахідницькому рівні, дослідження і впровадження у виробництво нових технологічних процесів, інструментів та верстатів, що виключають рухи затилування при обробці затилованих поверхонь різальних інструментів, що передбачає спрощення технології виробництва мечиків та ряду дискових і черв'ячних фрез (виконавець – магістр Коржук М.В., ХНТУ);

- розробка на винахідницькому рівні, дослідження і впровадження у виробництво нового виду ланцюгових передач, що дозволяє використати металеві канати замість складових елементів ланцюгів (виконавці – магістр Проценко В.О., ХНТУ).

За цими роботами встановлені зв'язки з НДІ надтвердих матеріалів НАН України, з Київським, Харківським, Одеським і Донецьким національними політехнічними університетами, з Херсонським національним технічним та з Харківським національним автомобільнодорожнім університетами, а також з НПО «Зоря-Машпроект» м. Миколаїв, АТ «Пілан», м. Київ, Черкаським та Львівським інструментальними заводами та Краматорським станкобудівним заводом. Планується встановлення міжнародних зв'язків з АТ «Московський комбінат твердих сплавів» – Росія, концерном Sandvik Coromant – Швеція, Коломенським та Егор'євським станкобудівними заводами.

Усі ці розробки захищаються або вже захищені патентами України [1] та Російської Федерації [2-7]. Результати цих робіт дозволяють перейти до широкого випуску названих нових видів інструментів, верстатів, зубчастих і ланцюгових передач, що забезпечує значні техніко-економічні показники у їх виробників і користувачів, як в Україні, так і за кордоном.

На базі комплексу з перших 4-х тем цього напрямку В.О.Настасенком планується захист докторської дисертації "Нові види ріжучих інструментів з непереточуваними ріжучими пластинами бокової схеми різання".

2-й індивідуальний науковий напрям – розробка та дослідження нових видів технологічних процесів і обладнання для переробки рослинної продукції, з метою утворення активованого вугілля (науковий керівник – к.т.н., доцент Агеев М.С.).

Розроблена нова технологія і обладнання, які дозволяють створити активоване вугілля при переробці рослинної продукції. Результати роботи можуть бути використані для очистки цукрових сиропів, питної води, а також промислових стічних вод і відходів газів. Налагоджені зв'язки з провідними сільгоспвиробниками Херсонської області. У подальшому планується спільна робота з ВАТ "Дарниця", м. Київ, а після широкої апробації технології створення вугілля та його використання, планується розвиток міжнародних зв'язків з відповідними виробниками з ближнього і дальнього зарубіжжя. З даної теми Агєєвим М.С. планується захист докторської дисертаційної роботи.

3-й індивідуальний науковий напрям – дослідження у сфері історії розвитку мореплавства, створення флоту, суднових енергетичних установок, двигунів, рушіїв та інших об'єктів морської техніки, а також історії діяльності видатних мореплавців і корабелів, що на аналітичному рівні узагальнюють відомі та встановлюють невідомі історичні і технічні дані (виконавці – старші викладачі Скрипка Г.Л., Лісовой В.Л., Кавун В.І., Шевченко В.П., Бідуля М.В. та інші викладачі кафедри).

Робота передбачає узагальнення відомих і пошук невідомих історичних даних з обраної виконавцем конкретної тематики, для чого налагоджуються зв'язки з історичними музеями, архівами і бібліотеками м. Херсона та інших міст і сіл України. Результати роботи створюють передумови для розробки нових технічних систем та поліпшують рівень знань і патріотизму читачів і можуть бути впроваджені у навчальні (частково) або нові факультативні курси з вивчення технічної історії флоту.

Планується участь кращих наукових робіт у конкурсах, що проводять Міністерство освіти і науки України, НАН України та інші наукові організації і промислові об'єднання, а також виконання держбюджетних і госпдоговірних науково-дослідних робіт, кошти від яких будуть спрямовуватися також на розвиток наукової і навчальної бази кафедри.

До виконання всіх наведених наукових робіт технічного напрямку, в т.ч., як курсових і дипломних, планується залучення курсантів 3-5 курсів, що є однією з найкращих форм індивідуальної роботи викладачів із курсантами. При цьому найбільш повно розкривається не тільки їх творчий потенціал, а й організаційно-етичні якості. Основним показником високого рівня виконання студентської наукової роботи є їх виступ із доповідями на вузівських і республіканських наукових конференціях, а також участь у Всеукраїнському конкурсі НДРС. Для кращих курсантів планується залучення до аспірантури, що дозволить розв'язати ряд важливих проблем нинішнього стану кафедри – омолодження викладацького складу та підвищення їх кваліфікаційного рівня.

Головні висновки і рекомендації. Для кафедри СЕУ найбільш доцільною є проведення науково-дослідної роботи з 2 основних напрямків: 1. Удосконалення процесу викладання навчальних дисциплін, закріплених за кафедрою. 2. Дослідження й удосконалення суднових енергетичних

установок, супутніх систем, пристроїв та процесів, що забезпечують їх роботу.

Можлива робота за індивідуальними напрямками, які мають відповідну наукову новину, актуальність і практичну значущість, але вони не повинні заміняти роботи викладачів з основних наукових напрямків.

Для стимулювання постійного проведення науково-дослідної роботи необхідне залучення до неї курсантів 3-5-х курсів, по 2-3 – на одного викладача.

Для ефективного проведення науково-дослідної роботи викладачів і курсантів необхідний розвиток зв'язків з провідними навчальними та науковими закладами України, із виробниками та ремонтниками суден, суднових машин і механізмів та з судновласниками.

Для постійного омолодження викладацького складу та підвищення їх кваліфікаційного рівня необхідне створення аспірантури і залучення кращих випускників до вступу в аспірантуру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 79866 Україна, МПК В 24 С 04/22. Пристрій для правки шліфувального круга / Настасенко В.О., Урсал К.Г.; заявник і патентовласник Херсонський національний технічний університет. – № 200509216; заявл. 30.09.05; опубл. 10.04.07, Бюл. № 4.

2. Пат. 2124421 Российская Федерация, МПК В23 F 21/16. Многозаходный червячный абразивный инструмент / Настасенко В.А.; заявитель и патентообладатель Настасенко В.А. – № 4897586/08; заявл. 29.12.90; опубл. 04.01.99, Бюл. № 1.

3. Пат. 2134183 Российская Федерация, МПК В23 F 21/16. Червячный инструмент / Настасенко В.А.; заявитель и патентообладатель Настасенко В.А. – № 98100805/08; заявл. 15.01.98; опубл. 10.08.99, Бюл. № 22.

4. Пат. 2134184. Российская Федерация, МПК В23 F 21/16. Сменная режущая пластина / Настасенко В.А. Заявитель и патентообладатель Настасенко В.А. – № 98100571/08, заявл. 09.01.98; опубл. 10.08.99, Бюл. № 22.

5. Пат. 2147495 Российская Федерация, МПК В23 F 21/16. Червячный инструмент / Настасенко В.А.; заявитель и патентообладатель Настасенко В.А. – № 98104340/08; заявл. 10.03.98; опубл. 10.04.2000, Бюл. № 11.

6. Пат. 2147496 Российская Федерация, МПК В23 F 21/16. Сборный Червячный инструмент / Настасенко В.А.; заявитель и патентообладатель Настасенко В.А. – № 98104494/08; заявл. 10.03.98; опубл. 10.04.2000, Бюл. № 11.

7. Пат. 2169061 Российская Федерация, МПК В23 F 21/16. Червячный инструмент, способ и оборудование для его изготовления / Настасенко В.А.; заявитель и патентообладатель Настасенко В.А. – № 98116845/08; заявл. 08.09.98; опубл. 20.06.01, Бюл. № 17.

ФОРМУВАННЯ У КУРСАНТІВ ОСНОВНИХ СТРУКТУРНИХ ОДИНИЦЬ ПРИРОДНИЧО-НАУКОВИХ ЗНАНЬ ЗАСОБАМИ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ

Лисенко В.І.,
Херсонський державний морський інститут

Вступ. Підготовка фахівця будь-якого профілю має забезпечити їх конкурентну спроможність на ринку праці. Оскільки у сучасному світі знання змінюються швидше, ніж змінюються покоління, нагальною є проблема забезпечення оволодіння випускниками таким пакетом способів діяльності, які б сприяли його становленню як суб'єкта діяльності, вибору оптимальних способів просування до визначеної мети.

Навчання в ХДМІ включає значний обсяг природничо-наукових знань, формування яких здійснюється при вивченні блоку фундаментальних дисциплін. Вища математика посідає серед них значне місце.

Відомо, що засвоєння будь-якої дисципліни включає оволодіння:

1) понятійним апаратом; 2) системою законів, теорем, теорій; 3) основними типами задач та методами їх розв'язання.

Таким чином, поняття є основною структурною одиницею будь-якого знання, у тому числі й природничо-наукового. То ж недарма кажуть: *фундамент кожної науки – її важливі поняття, основа красеня-будівлі, пригодної на все життя.*

Актуальність проблеми полягає в тому, що суспільство потребує творчих фахівців, бо саме творча особистість готова до постійних змін у технологіях у будь-якій сфері діяльності, творчого застосування набутих знань у нових умовах.

Кожна дисципліна вивчає окрему галузь знань. Часто для систематизації знань використовують *специфічні ідеї цього предмета, ізольовані від проблем інших дисциплін.* У цьому полягає основний недолік у формуванні природничо-наукових знань. Як результат такого підходу – студенти не вміють вільно оперувати одержаними знаннями при вивченні інших розділів даної дисципліни чи інших природничо-наукових дисциплін.

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

Мета даної статті – розкрити один із можливих підходів до формування складових компонентів процесу оволодіння понятійним апаратом.

Перш за все зазначимо, що головним при засвоєнні понять є:

1) усвідомлення певної системи знань про поняття (суттєвих властивостей поняття, вказаних у його визначенні, та логічної структури означення);

2) оволодіння спеціальною операційною системою дій над поняттями:

- а) підведення під поняття;
- б) вибір необхідних і достатніх ознак для розпізнавання об'єктів;
- в) виведення результатів з належності чи неналежності об'єкта до поняття;
- 3) усвідомлення взаємозв'язків між поняттями деякої системи понять.

Слід зауважити, що і в середніх, і у вищих навчальних закладах знайомство з діями над поняттями відбувається стихійно, або зовсім не відбувається.

Розкриємо суть операційної системи дій з поняттями.

1. Підведення під поняття. Суть процесу підведення під поняття полягає в тому, що ми перевіряємо наявність у об'єкта певної системи достатніх ознак і робимо висновок про належність чи неналежність даного об'єкта до поняття.

Тема: Неперервність функції в точці.

Приклад 1. Серед даних функцій назвати неперервні. Відповідь обґрунтувати.

$$\text{а) } f(x) = \frac{1}{2^x + 1}; \quad \text{б) } f(x) = \frac{|5x-1|}{5x-1}; \quad \text{в) } f(x) = 5^{\frac{x}{4-x^2}};$$

$$\text{г) } f(x) = \frac{\sin x}{x}; \quad \text{д) } f(x) = \begin{cases} x^2, & -\infty < x \leq 0, \\ (x-1)^2, & 0 < x \leq 2, \\ 5-x, & 2 < x < \infty. \end{cases}$$

Очікувані відповіді: Функція $f(x)$ називається неперервною в точці $x = a$, якщо:

- 1) функція $f(x)$ визначена в точці $x = a$ і деякому її околі;
- 2) існує скінченна границя $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$;
- 3) виконується рівність $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = f(a)$.

Якщо хоча б одна з цих умов не виконується, то функція буде розривною в точці $x = a$.

Щоб відповісти на поставлене запитання, слід перевірити виконання вказаних умов для кожної функції.

Приклад 2. Чи правильні твердження? Відповідь обґрунтувати:

- а) якщо функція визначена в точці $x = a$, то вона неперервна в цій точці;
- б) якщо функція має в точці $x = a$ скінченну границю, то вона неперервна в цій точці;
- в) якщо функція неперервна в точці $x = a$, то вона визначена в цій точці.

Примітка. Для спростування твердження достатньо навести контр-приклад, зокрема проілюструвати на рисунку.

Тема: Визначники та їх властивості.

Приклад 3. Не виконуючи обчислення, назвати визначники, що дорівнюють нулю:

$$1) \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 3 \\ 2 & 4 & 6 \end{vmatrix}; \quad 2) \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}; \quad 3) \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ 3 & 4 & 3 & 0 \\ 5 & 6 & 6 & 0 \end{vmatrix}; \quad 4) \begin{vmatrix} 3 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 4 \\ -1 & 0 & 5 \end{vmatrix}.$$

Для відповіді на поставлене запитання, слід вибрати серед достатніх ознак ту, при наявності якої визначник дорівнюватиме нулю, а саме:

- 1) якщо всі елементи деякого рядка (стовпчика) дорівнюють нулю, то визначник дорівнює нулю;
- 2) якщо елементи двох рядків (стовпців) визначника однакові, то визначник дорівнює нулю;
- 3) якщо елементи двох рядків (стовпців) пропорційні, то визначник дорівнює нулю.

Виведення результатів з поняття.

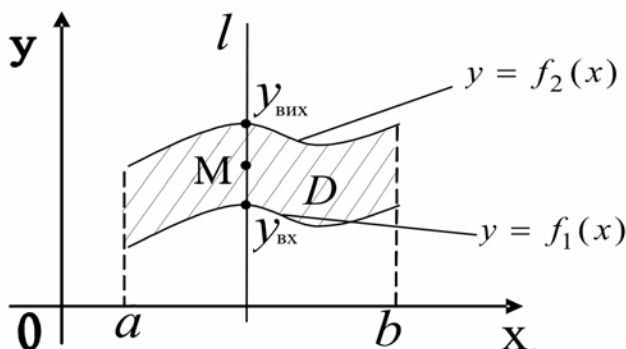
Орієнтовна основа дій.

1. Пригадати суттєві властивості поняття, вказані в означенні.
2. Назвати властивості цього ж поняття, які були доведені в ході вивчення теорем, інших понять чи розв'язання задач.

Студенти часто не можуть розв'язати запропоновану задачу тільки тому, що не вміють «розшифрувати» основні поняття, про які йде мова в задачі. Щоб подолати вказані труднощі, доцільно привчити їх діяти за таким планом:

- 1) назвати поняття, які вказані в умові задачі;
- 2) пригадати суттєві властивості, вказані в означеннях цих понять;
- 3) перелічити інші відомі суттєві властивості даних понять;
- 4) якими з цих властивостей доцільно скористатись при розв'язанні задач.

Тема: «Обчислення подвійного інтеграла».



Приклад 4. Що впливає з того, що область інтегрування D є правильною у напрямі осі Oy ?

$$\iint_D f(x, y) dx dy$$

Очікувана відповідь:

1) Область D називають правильною в напрямі осі Oy , якщо будь-яка пряма, що проходить через внутрішню точку M паралельно осі Oy , перетинає межу цієї області не більше ніж у двох точках.

2) Область D записують у вигляді системи нерівностей:

$$D: \begin{cases} a \leq x \leq b, \\ y_{\text{вх}} \leq y \leq y_{\text{вих}} \end{cases} \quad \text{тобто} \quad \begin{cases} a \leq x \leq b, \\ f_1(x) \leq y \leq f_2(x) \end{cases}$$

3) Подвійний інтеграл можна записати у вигляді повторних визначених інтегралів, причому зовнішній інтеграл обчислити по змінній x .

$$\iint_D f(x, y) dx dy = \int_a^b dx \int_{f_1(x)}^{f_2(x)} f(x, y) dy$$

Тема: Функція.

Приклад 5. Що впливає з того, що функція $y = f(x)$ парна?

Очікувана відповідь.

1. За означенням: функція $y = f(x)$ називається парною, якщо виконуються дві умови:

а) область визначення симетрична відносно початку координат;

б) виконується рівність $f(-x) = f(x)$.

2. Графік парної функції симетричний відносно осі Oy .

3. Якщо графік функції проходить через початок координат, то дана функція має непарну кількість нулів (точок перетину з віссю Ox), а якщо не проходить через початок координат, то парну кількість нулів.

У контексті вимог Болонської угоди слід наголосити на необхідності цілеспрямованого розвитку пізнавальної самостійності студентів. У психолого-педагогічній літературі пізнавальну самостійність трактують як властивість особистості, що характеризується її прагненням і умінням без сторонньої допомоги оволодіти знаннями і способами діяльності.

З цієї точки зору заслуговує на увагу використання аналогії в процесі викладання курсу. При вивченні вищої математики є широкі можливості щодо цього. Так, введення поняття подвійного інтеграла здійснюється аналогічно до введення визначеного інтеграла функції однієї змінної. Як логічним завершенням виступає вивчення властивостей подвійних інтегралів. Це стосується і вивчення властивостей інтегралів по області.

Активізації самостійної роботи студентів сприяє систематичне узагальнення вивчених тем чи розділів з таких позицій:

1. За яким планом вивчали тему чи розділ (наприклад, «Диференціальне числення функції однієї змінної», «Визначений інтеграл функції однієї змінної», «Застосування диференціального числення до дослідження функцій» тощо).
2. Які поняття були введені? Які суттєві властивості понять указані у їх визначеннях?
3. Основні типи задач та методи їх розв'язання.

4. Де і з якою метою застосовують уведені поняття?

При такому підході студенти, приступаючи до вивчення наступних розділів, можуть висловити гіпотезу щодо переліку питань, які слід буде розглянути при вивченні даних розділів (наприклад, диференціального числення функцій кількох змінних, кратних інтегралів (інтегралів по області) тощо).

Досвід підтверджує, що *формувати пізнавальну самостійність і творчий підхід у студентів неможливо без залучення їх до вказаних вище способів діяльності.*

Ефективне засвоєння знань, у тому числі й природничо-наукових, характеризується вмінням вільно оперувати ними при вивченні інших розділів чи дисциплін; при розв'язанні прикладних задач, зокрема, зі сфери діяльності майбутнього фахівця. Щоб вирішити це питання, викладач повинен виділити перелік:

- 1) ведучих знань, у тому числі їх необхідність у вивченні фахових дисциплін;
- 2) умінь, якими повинен оволодіти студент;
- 3) методів розв'язання задач, у тому числі і задач між предметного характеру.

Таким чином, вибір методів організації навчального процесу має бути підпорядкований головній меті – *забезпечити конкурентну спроможність майбутніх фахівців на ринку праці. Це можливо при умові оволодіння ними такими вміннями: аналізу ситуацій, виявлення причин якогось явища чи події, передбачення можливих наслідків явища чи події, знаходження шляхів розв'язання проблеми, шляхів досягнення бажаного чи заданого результату.* Усе це можливо за умови постійного самостійного поповнення знань студентом, а значить, за умови оволодіння ним *прийомами навчальної діяльності по засвоєнню знань.*

ЛІТЕРАТУРА

1. Тевяшев А.Д., Литвин О.Г. Вища математика у прикладах та задачах. Ч. I. Лінійна алгебра і аналітична геометрія. Диференціальне числення функції однієї змінної. – 2-е вид., доп. і доопр. – К. : Кондор, 2006. – 588 с.
2. Вища математика у прикладах та задачах / [Тевяшев А.Д., Литвин О.Г., Кривошеєва Г.М. та ін.]. – 2-е вид., доп. і доопр. – К. : Кондор, 2006. – Ч. 2 : Інтегральне числення функції однієї змінної. Диференціальне та інтегральне числення функції багатьох змінних. – 2006. – 460 с.
3. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції [«Проектування освітніх середовищ як методична проблема»] / [укладач : Шарко В.Д.]. – Херсон : Видавництво ХДУ, 2008. – 232 с.

**УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ АНАЛІЗУ ІНЖЕНЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ
СТУДЕНТІВ ВИЩИХ ТЕХНІЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ***Носов П.С.,**Одеський національний політехнічний університет, Херсонська філія*

Вступ. Одним із найважливіших завдань професійної освіти є зміцнення зв'язку теоретичних знань із практичними спеціальними вміннями та навичками. Відомо, що кожен суб'єкт навчання оперує образами, складні образи формуються на основі асоціативних зв'язків властивостей раніше сформованих образів, згідно з набутим рівнем світосприйняття суб'єкта навчання. Спостереження свідчать, що студенти вищих технічних закладів не повною мірою ототожнюють інженерну підготовку зі своєю майбутньою професією. Це можна пояснити недостатньо вираженими зв'язками між інженерними і спеціальними дисциплінами, що ізолюють інженерну підготовку. У зв'язку з цим суттєво знижується не тільки рівень мотивації під час вивчення інженерних дисциплін, але і те, що значний клас понять, що розглядається в інженерних фахових дисциплінах, практично не засвоюється.

Актуальність дослідження. Проблема, що склалася, може бути усунена насамперед викладачем, високий рівень педагогічної майстерності якого дозволяє постійно акцентувати увагу на ключових термінах, поняттях, принципах і пов'язувати їх з курсом спеціальної підготовки. Проте у більшості випадків сфокусувати належну увагу студентів на об'єктах вивчення інженерних дисциплін повною мірою не вдається. Таким чином, виникає суперечність між вимогами освітніх стандартів, принципів професійної освіти і дійсним рівнем інженерної підготовки студентів. Необхідність у вирішенні позначеної суперечності вказує на актуальність даної проблеми.

Постановка задачі. Не дивлячись на наявні причини такої проблеми, першочергова складність вибору методології, її рішення полягає у відсутності класифікації досліджуваних міждисциплінарних і міжоб'єктних зв'язків у рамках певної дисципліни або предметної області (Про). Відсутність вагових коефіцієнтів зв'язків, у свою чергу, не дозволяє об'єктивно оцінювати пріоритет відносин об'єктів вивчення. При цьому, відсутність інформаційної моделі студента (ІМС) не дає можливості проводити імітаційне моделювання в різних педагогічних ситуаціях, виконувати прогнозування можливих станів ІМС, що накладає невизначеність на навчальний процес у цілому.

Один з перших підходів рішення задачі класифікації міждисциплінарних зв'язків у даній проблемі був запропонований професором Растрігінім Л.А. і Еренштейном М.Х. [1]. Даний підхід базувався на побудові наближеної моделі знань суб'єкту навчання і адаптації до її властивостей для забезпечення найбільшої адекватності навчального

процесу відповідно до індивідуальних когнітивних властивостей. Надалі цей підхід отримав назву – мультилінгвістична адаптивно-навчальна технологія (МЛ-технологія). Указана технологія ґрунтується на моделюванні пам'яті суб'єкта в навчальному процесі [2]. У МЛ-технології пам'ять суб'єкта навчання представляється у вигляді сукупності певної кількості термінів. Так, при вивченні 1-ої ПрО, внаслідок поетапного поповнення знань, у пам'яті генерується нова множина термінів $K_N = \{k_1, \dots, k_N\}$ і їх значень. При актуалізації i -го терміну в пам'яті виникають асоціації з його значенням: $K_E = \{k_1, \dots, k_E\}$. При вивченні 2-ої ПрО через певний проміжок часу в пам'яті формуються нові значення для нових термінів і правил, множина яких позначена як $K_G = \{k_1, \dots, k_G\}$. Множину значень 2-ої ПрО – KG частково перекриває множина значень 1-ої ПрО – KE , оскільки кількість елементів множини KE в залежності від часу після кінцевого етапу навчання зменшується.

Не дивлячись на те, що результатом даного дослідження було знаходження функціональної залежності від часу засвоєння термінів, проте МЛ-технологія не враховує асоціативних зв'язків між термінами в рамках однієї ПрО. Крім того аналізувалися терміни – філологічні синоніми, а не властивості образів.

Результати досліджень. Одним із шляхів знаходження причин певних дій студента – це розгляд ситуації в рамках системного підходу. При цьому, ситуацію необхідно описати з урахуванням проявів попередньої інтелектуальної діяльності студента і визначити функціональні залежності між концептами ПрО – навчальними елементами. Для цього необхідно виконати ряд наступних завдань:

1. Провести класифікацію та індексацію всіх навчальних елементів, у межах дисципліни, що вивчається.
2. Представити навчальні елементи у вигляді складних об'єктів, властивості яких відображаються у відповідних когнітивних властивостях (КВ) [3, 4].
3. Визначити зв'язки між результатами рішення практичних завдань і КВ.
4. Визначити залежності зв'язків навчальних елементів у вигляді відносин КВ для окремо взятого студента.
5. Виконати композицію нечітких відносин КВ у вигляді кінцевої нечіткої множини.
6. Виділити класифікуючу нечітку множину професійних компетенцій студента з метою визначення схильності студента до напрямів майбутньої професії. З метою наочності, розглянемо послідовність результатів виконання завдань відносно фрагменту інтелектуальної діяльності студента. Припустимо, що студент ініціалізував зв'язки між навчальними елементами, які відображені на рисунку 1.

Таким чином, за допомогою (min-max) композиції можна відстежити зв'язки між навчальними елементами та їх вагові коефіцієнти. Під час аналізу зв'язків між навчальними елементами, представляється можливість

визначити нечіткі відносини КВ конкретного студента у вигляді нечіткого графа.

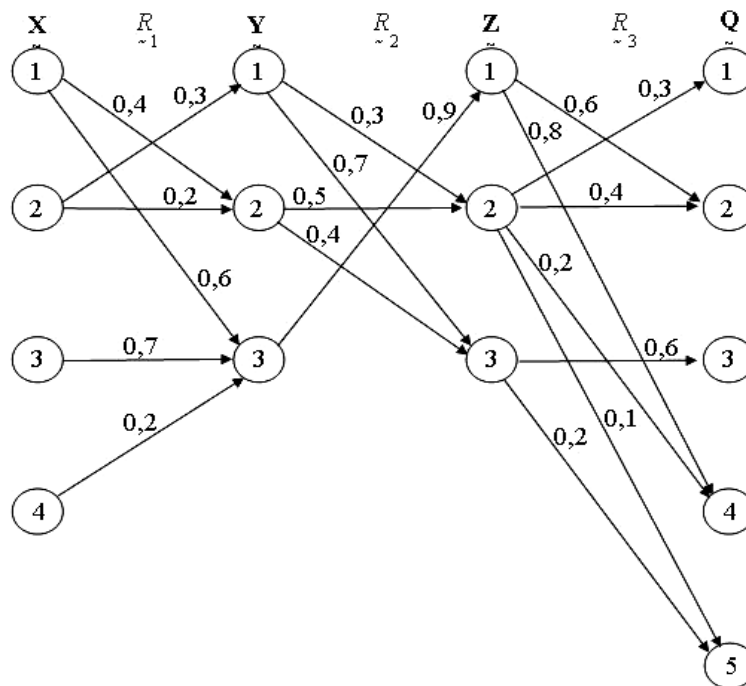


Рисунок 1. Нечіткі відносини множини навчальних елементів

Композиція нечітких відносин $R_1 \circ R_3$, наведена таблично щодо множини навчальних елементів і тимчасових зрізів знань студента: X, Y, Z, Q .

$R1 \circ R3$	$q1$	$q2$	$q3$	$q4$	$q5$
1	0,3	0,6	0,4	0,6	0,2
2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
3	0	0,6	0	0,7	0
4	0	0,2	0	0,2	0

Даний нечіткий граф є апроксимацією бінарного нечіткого відношення K , яке задається на базисній множині КВ і КВ', $K = \{ \langle kv_i, kv_j \rangle, \mu_K(\langle kv_i, kv_j \rangle) \}$, де $\mu_K(\langle kv_i, kv_j \rangle)$ – функція приналежності бінарного нечіткого відношення, яка визначається як відношення $\mu_K : KB \times KB' \rightarrow [0, 1]$, а через $\langle kv_i, kv_j \rangle$ позначений кортеж із двох елементів, при цьому $kv_i \in KB, kv_j \in KB'$. Параметри нечіткого графа дають можливість визначити результуючі нечіткі відносини КВ окремого студента. Для цього необхідно декомпонувати кожен КВ щодо графа. Отримані нечіткі множини, проаналізуємо по індексу нечіткості $\eta(KB_i)$ (1).

$$\eta(KB_i) = \frac{4}{N} \sum_{i=1}^N \mu_{KB \cdot KB_i}(x_i). \quad (1)$$

Дані KB студента вказують на відносини навчальних елементів інженерних і спеціальних дисциплін, утворюючи тим самим метадані – знання і правила, що визначають особливості моделі поведінки студента в навчальному просторі.

Наступним етапом дослідження є розробка формального апарату експертної системи для порівняння значень отриманих характеристик щодо бази знань професійних компетенцій. При розробці інтелектуальної експертної системи пропонується обрати нечітку модель. Це пов'язано з тим, що основна частина інформації про навчання студента може бути отримана експертним шляхом або у вигляді евристичних описів процесів. Первинний аналіз рівня інженерної підготовки студента може бути представлений декомпозицією підзадач по діагностиці окремих рівнів міждисциплінарних і міжоб'єктних взаємозв'язків.

Кожен такий рівень представляється у вигляді нелінійного об'єкта з множиною вхідних змінних $\{x_i\}, i = \overline{1, n}$ і однієї вихідної змінної $y = f_y(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Для встановлення залежності між $\{x_i\}$ і y зручніше використовувати якісні терми з наступних терм-множин, заданих на універсальній множині, де $R_i = \{r_i^1, \dots, r_i^{l_i}\}$ – терм-множина змінної $\{x_i\}, i = \overline{1, n}$ і $T = \{d_1, \dots, d_m\}$ – терм-множина змінної y .

Для опису нечіткої бази знань пропонується застосувати алгоритм Мамдані [5] (2).

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \bigcap_{i=1}^n (x_i = r_i^{jz}) \text{ з вагою } \omega_{jz} \rightarrow y = d_j, j = \overline{1, m}, \quad (2)$$

де r_i^{jz} – нечіткий терм, яким оцінюється значення входу x_i ,

t_j – нечіткий терм вихід, що описує y ,

m – кількість термів, використаних для лінгвістичної оцінки вихідних даних,

$\omega_{jz} \in [0, 1]$ – ваговий коефіцієнт правил з номером jz .

Алгоритм нечіткого логічного виводу залежить від функції приналежності $\mu^{r_i^{jz}}(x_i)$ входу $x_i \in [\underline{x_i}, \overline{x_i}]$ нечіткому терму, що представляє процес фазифікації змінної x_i :

$$r_i^{jz} = \int_{\underline{x_i}}^{\overline{x_i}} \mu^{r_i^{jz}}(x_i) / x_i. \quad (3)$$

У свою чергу фаззифікація змінної y , $t_j = \int_{\underline{y}}^{\bar{y}} \mu^{t_j}(y) / y$ здійснюється шляхом завдання функції приналежності $\mu^{t_j}(y)$ виходу $y \in [\underline{y}, \bar{y}]$ нечіткому терму-рішенню t_j . Ступінь приналежності $\{x_i\}$ нечіткому терму t_j з бази знань визначається системою рівнянь: $\mu^{t_j}(x_i) = V_{z=1}^{k_j} [\Lambda_{i=1}^n \mu^{r_{i^z}}(x_i)]$, $j = \overline{1, m}$ і визначається як (4):

$$\tilde{y} = \bigcup_{j=1}^m \int_{\underline{y}}^{\bar{y}} \min(\mu^{t_j}(x_i), \mu^{t_j}(y)) / y. \quad (4)$$

Процес дефаззифікації пропонується проводити методом центру ваги для всіх змінних: $y = \int_{\underline{y}}^{\bar{y}} y \mu_y dy / \int_{\underline{y}}^{\bar{y}} \mu_y dy$.

Описана нечітка модель передбачає подальшу оптимізацію із застосуванням навчальної вибірки в конкретних педагогічних ситуаціях, налаштовування моделі може здійснюватися як по структурі, так і по параметрах, залежно від стратегії застосування «м'яких обчислень» і еволюції ІМС. Така еволюція у рамках навчального процесу, передбачає зміну сталих взаємозв'язків навчальних елементів через зовнішні й внутрішні чинники. Через це, важливим етапом аналізу інженерної підготовки майбутніх фахівців – це вчасне виявлення тенденцій зміни зв'язків відносно навчальних елементів. Сигналом зміни таких зв'язків є симптоми, що повторюються, під час неспрацювання визначених правил. Фіксація сигналів зміни зв'язків дозволяє класифікувати ІМС, визначити її приналежність до конкретної, ціле орієнтованої групи суб'єктів навчання. При цьому множина альтернатив у рамках навчального простору обмежена, оскільки існує максимум навчальних елементів певної інженерної дисципліни.

Ураховуючи вищезазначене, представимо задачу знаходження приналежності студента до конкретної, ціле орієнтованої групи суб'єктів навчання в термінах математичного апарату Парето оптимальних альтернатив нечіткого відношення переваги.

Хай на універсальній множині альтернатив X задані відносини переваги $R_1, R_2, \dots, R_m$, нечіткі з функціями приналежності $\mu_j(\varsigma_i, \varsigma_j)$, а також – вагові коефіцієнти відповідних відносин. Побудуємо згортку відносин

$R_1, R_2, \dots, R_m$ у вигляді перетину $Q_1 = \bigcap_{j=1}^m R_j$, з функцією приналежності (5):

$$\mu_{Q_1}(\varsigma_i, \varsigma_j) = \min\{\mu_1(\varsigma_i, \varsigma_j), \mu_2(\varsigma_i, \varsigma_j), \dots, \mu_m(\varsigma_i, \varsigma_j)\}. \quad (5)$$

Визначимо множину альтернатив, що не домінують Q_1^{na} на множині (Σ, Q_1) (6).

$$\mu_{Q_2}^{na}(\varsigma_i) = 1 - \sup_{\varsigma_j \in \Sigma} \left\{ \sum_{j=1}^m \mu_{Q_1}(\varsigma_i, \varsigma_j) - \mu_{Q_1}(\varsigma_j, \varsigma_i) \right\}. \quad (6)$$

Використовуючи згортку критеріїв, будемо нечітке відношення переваги Q_2 (7):

$$\mu_{Q_2}(\varsigma_i, \varsigma_j) = \sum_{j=1}^m \omega_j \mu_j(\varsigma_i, \varsigma_j), \sum_{j=1}^m \omega_j = 1, \omega_j \geq 0. \quad (7)$$

Знаходимо нечітку підмножину альтернатив, що не домінують відносно Q_2 (8):

$$\mu_{Q_2}^{na}(\varsigma_i) = 1 - \sup_{\varsigma_j \in \Sigma} \left\{ \sum_{j=1}^m \mu_{Q_2}(\varsigma_j, \varsigma_i) - \mu_{Q_2}(\varsigma_i, \varsigma_j) \right\}. \quad (8)$$

Знаходимо перетин множин Q_1^{na} та Q_2^{na} і загальну множину альтернатив, що не домінує $Q_{na} = Q_1^{na} \cap Q_2^{na}$ з функцією приналежності $\mu_{na}(\varsigma_i) = \min\{\mu_{Q_1}^{na}(\varsigma_i), \mu_{Q_2}^{na}(\varsigma_i)\}$. Тоді раціональним уважатиметься вибір альтернатив із множини (9).

$$\Sigma_{na} = \{\varsigma_i^+ : \mu_{na}(\varsigma_i^+) = \sup_x \mu_{na}(\varsigma_i), \varsigma_i \in \Sigma\}. \quad (9)$$

Визначивши рівень переваг студента, з'являється можливість у визначенні ймовірності переходу в один з проміжних станів ІМС: $G_i = f(\Sigma_{na})$.

G_0 – аналіз навчального простору;

G_1 – вибір стратегії навчання;

G_3 – тактика вивчення дисциплін згідно зі сформульованими перевагами ІМС.

Відповідно до теореми Колмогорова [6], отримуємо систему рівнянь (10):

$$\begin{cases} \frac{dG_0(\tau)}{d\tau} = -g_{01}G_0(\tau) + g_{10}G_1(\tau); \\ \frac{dG_1(\tau)}{d\tau} = -(\tau_{10} + \tau_{12})G_1(\tau) + \tau_{01}G_0(\tau); \\ \frac{dG_2(\tau)}{d\tau} = \tau_{12}G_1(\tau) - \tau_{21}G_2(\tau); \\ G_0(\tau) + G_1(\tau) + G_2(\tau) = 1; G_0(\tau) = 1, G_1(\tau) = 0, G_2(\tau) = 0. \end{cases} \quad (10)$$

Статичним рішенням даної системи рівнянь буде:

$$G_1 = \frac{g_{01}}{g_{10}},$$

$$G_2 = \frac{g_{01}g_{12}}{g_{21}g_{10}}.$$

Таким чином, на базі марківських дискретних однорідних ланцюгів з'являється можливість виконати оцінку ймовірності переходу ІМС у нові стани з урахуванням індивідуальних особливостей та інтересів студентів до навчальних дисциплін.

Висновки. У даній роботі розглянуто основні принципи і комбінації застосування математичних моделей, спрямованих на вирішення проблеми виявлення зв'язків між інженерними і спеціальними дисциплінами в ході підготовки студентів. Використання узагальненої моделі спрямовано на формалізацію і упорядковування бази знань ІМС. Застосування експертної системи підтримки прийняття рішень дасть можливість зменшити суб'єктивний вплив на інженерну підготовку студентів, а також підвищити інформативність навчального процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Растринин Л.А., Эренштейн М.Х. Адаптивное обучение с моделью обучаемого. – Рига : Знание, 1988. – 160 с.
2. Ковалев И.В., Ступина А.А., Суздалева Е.А. Информационно-алгоритмическое обеспечение мультилингвистической обучающей технологии : материалы 4-й региональной НМК [«Современное образование: массовость и качество»]. – Томск : ТГУСУР, 2001. – С. 98–99.
3. Солсо Р. Когнитивная психология. – 6-е изд. – СПб. : Питер, 2006. – 589 с.
4. Носов П.С., Яковенко О.Є., Тонконогий В.М. Використання компонентів мислення експертними системами, як фактору адаптивного впливу в автоматизованих навчальних системах : труды Одес. политехн. ун-та. – Одеса : ОНПУ, 2005. – Спецвыпуск. – С. 101–105.
5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
6. Портенко Н.И., Скороход А.В., Шуренков В.М. Марковские процессы // Итоги науки и техники. Современные проблемы математики. – М. : ВИНТИ, 1989. – 248 с.

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 65.004.18:620.97

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Леонов В.Е.,

Херсонский государственный морской институт

Введение. Современная ветроэнергетика является одной из наиболее развитых и перспективных областей нетрадиционной энергетики. В Программе ООН развития мировой энергетики, в частности, подчеркивается, что в XXI веке развитыми будут те страны, где интенсивно развивается ветроэнергетика. Согласно оценкам Всемирного энергетического совета по "минимальному" и "максимальному" вариантам развития нетрадиционной энергетики, вклад ветроэнергетики в общее производство энергии в мире на 2020 год будет составлять 122 и 307 млн. т.у.т., соответственно. Суммарная установленная мощность ветроэлектростанций (ВЭС) в мире в 2003 г. составляла 40301 МВт. Мощность ВЭС в европейских странах на конец 2003 г. составляла 26800 МВт, причем только за 2003 г. мощность ВЭС в мире выросла на 8344 МВт, а в Европе – на 5071 МВт [1].

Актуальность проблемы. Прогнозируется, что до 2010 г. мощность ВЭС в Европе возрастет до 75 тыс. МВт. Таким образом, работа ВЭС обеспечит выполнение 1/3 обязательств Евросоюза по Киотскому протоколу относительно ограничений выбросов компонентов парниковых газов, причем около 60% ВЭС будут построены в Германии и Испании. В 2030 году Дания планирует покрывать за счет ветроэнергетики до 50 % нужд в электроэнергии, США – до 25 % [2].

Стоимость электроэнергии, произведенной ВЭС в США, за последние 20 лет снизилась с 30 цент/кВт·час до 4 цент/кВт·час, в то время, как стоимость электроэнергии, произведенной на традиционных электростанциях, имеет тенденцию к росту.

Основная часть. Украинский энергетический комплекс очень энергорасходный. Наибольшие расходы энергии происходят при производстве электроэнергии, а также тепла. Особенно огромный перерасход энергии имеет место при производстве тепла на конденсационных электростанциях, где используется только 30 % тепла, остальное выбрасывается в окружающую среду. По мнению Министерства энергетики США, в странах Восточной Европы и СНГ через, нерациональное потребление энергии в быту и огромном количестве устаревших, энергоемких производств потребление энергии в семь раз превышает среднестатистическую норму

стран Западной Европы, Канады и Соединенных Штатов. В Украине эта норма превышает в 8-10 раз [3].

Украинская экономика энергоемкая, а показатель обеспеченности нашего государства собственными энергоресурсами составляет 29,3 % от необходимого уровня потребления. За счет собственной добычи потребности украинской экономики в углеводородах обеспечиваются лишь частично: в природном газе – на 24 %, в нефти – на 12 %. Более того, в последнее десятилетие в отечественном топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) отмечается стойкая тенденция к падению базовых показателей, он не удовлетворяет нужд Украины в топливе и энергии. Следующие 20 лет наша экономика будет оставаться энергодефицитной, что требует ежегодного импорта топливно-энергетических ресурсов в объемах 110-140 млн. т. условного топлива. Имеет место зависимость отечественного ТЭК от снабжения энергоносителей из Российской Федерации (около 60 % объемов украинского импорта из России).

В 2007 году доля ВЭС в общем объеме производства электроэнергии составила 0,2 % или 12,0 млн. кВт·час (рис. 1).

Поскольку в условиях Украины наблюдается тенденция к ориентации тепловой энергетики на использование в качестве основного топлива каменного угля, то выполнение расчетов для выбора варианта развития энергетических предприятий Херсонской области должны учитывать это обстоятельство. Тем не менее, использование угля предусматривает одновременное применение (для разжигания) природного газа и мазута. Поэтому, в расчетах структура используемого топлива будет браться такой, которой она является в среднем на тепловых электростанциях ОАО "Херсоноблэнерго": 77 % – уголь; 20 % – природный газ; 3 % – мазут [4, 5].

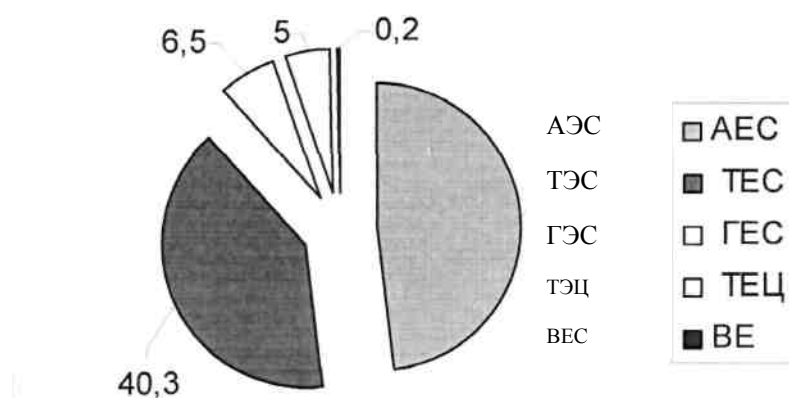


Рисунок 1. Структура производства электроэнергии в Украине

Годовой объем производства электроэнергии блоком ТЭС мощностью 640 кВт при 6800 ч использования установленной мощности будет составлять 4352000 кВт·час. Учитывая, что 4,7 % этой электроэнергии будет использовано на собственные нужды [6], отпуск электроэнергии с ТЭС будет равным 4147456 кВт·час ($4352000 \times 0,953$).

Для получения 4352000 кВт·час электроэнергии (при нормативном расходе на 1 кВт·час 384,7 г условного топлива [6]) должно быть сожжено 1674 т условного топлива. При этом, уголь, мазут и природный газ характеризуются такими коэффициентами относительно перерасчета их на условное топливо [6]:

- уголь – 1,53 т/т.у.т.;
- мазут – 0,72 т/т.у.т.;
- природный газ – 843 м³/т.у.т.

Следующей важной составной себестоимости производства электроэнергии, которая имеет разные значения при традиционном и модифицированном расчетах, является экологическая составная. Очевидно, чтобы осуществить ее количественную экономическую оценку, необходима информация об эмиссии токсичных компонентов в отработанных газах в зависимости от вида сжигаемого топлива (табл. 1).

Таблица 1. Эмиссия токсичных компонентов при работе ТЭС на разных видах топлива (г/кВт·час) [7]

Вредные выбросы	Виды топлива		
	Каменный уголь	Мазут	Природный газ
Сернистый газ	6,0	7,4	0,002
Оксиды азота	21,0	2,4	1,9
Твердые частицы	1,4	0,7	-
Фтористые соединения	0,05	0,004	-

Среди нетрадиционных возобновляемых источников энергии по потенциалу и экономическим показателям в Херсонской области одним из наиболее эффективным является энергия ветра. Проведен расчет и анализ стоимостных показателей, связанных с производством электроэнергии ВЭС мощностью 640 кВт. Расчетные исследования проведены применительно к работе ВЭС на базе ветроагрегатов USW 56-100. Выбор данного типа ветроагрегатов обусловлен достаточно широкой практикой их применения в Украине и, соответственно, существованием значительных массивов соответствующей информации, необходимой для расчета объективных стоимостных показателей относительно генерирования электроэнергии ветра.

Одним из приоритетных экономических показателей, который касается работы ВЭС, является объем необходимых инвестиций (капиталовложений), которые включают расходы на производство строительно-монтажных работ и стоимость технологического оборудования.

В таблице 2 приведены данные об общем и удельном объемах капиталовложений относительно установленной мощности ВЭС.

Таблица 2. Значения общего и удельного объема капиталовложений

Название показателя	Единица измерения	Значение показателя
1. Установленная мощность, N_{BEC}	кВт	640
2. Общий объем капиталовложений, K_{BEC}	долл.	357000
3. Удельный объем капиталовложений, K_{BEC}	долл./кВт	558

Зная установленную мощность 640 кВт и общий объем капиталовложений – 357000 долл. (в том числе, 9,3% – стоимость строительно-монтажных работ), рассчитаем удельный объем капиталовложений:

$$\frac{357000 \text{ долл.}}{640 \text{ кВт}} = 558 \left(\frac{\text{долл.}}{\text{кВт}} \right).$$

Расчет годового объема амортизации для сравнительного анализа выполнен по традиционной и модифицированной методике при работе в течение – 10; 20 и 25 лет (табл. 3). Коэффициент дисконтирования в расчетах принят в размере 5 %.

Таблица 3. Расчет амортизационных отчислений ВЭС

Показатели	Срок функционирования ВЭС, годы		
	10	20	25
А. Традиционный расчет			
- норма амортизационных отчислений	0,1	0,05	0,04
- годовая величина амортизационных отчислений, долл.	35700	17850	14280
Б. Модифицированный расчет			
- норма амортизационных отчислений	0,08	0,03	0,02
- годовая величина амортизационных отчислений, долл.	28560	10710	7140

В таблице 4 приведены результаты расчета годовых расходов на текущие и капитальные ремонты.

Таблица 4. Расчет годовой величины расходов на ремонт ВЭС

Показатели	Вид ремонта	
	текущий	капитальный
1. Норма годовых расходов на ремонты (H_p), %	1,3	2,8
2. Общий объем капиталовложений в ВЭС (K), долл.	357000	357000
3. Годовая величина расходов на ремонты, ($K \cdot H_p$), долл.	4641	9996

В таблице 5 приведены расчеты расходов, связанных с трудовыми ресурсами. Учитывая, что численность работающих на ВЭС мощность 640 кВт составляет семь человек [8], а среднегодовая заработная плата одного работающего эквивалента 1000 долл., годовой фонд заработной платы будет составлять 7000 долл.

Таблица 5. Расчет годовой величины расходов, связанных с трудовыми ресурсами

Показатели	Единицы измерения	Значение показателя
1. Численность работающих	чел	7
2. Среднегодовая заработная плата одного работающего	долл.	1000
3. Годовой фонд заработной платы	долл.	7000
4. Отчисление на социальные нужды (0,52)	долл.	3640
5. Общие расходы, связанные с трудовыми ресурсами	долл.	10640

Отчисление на социальные нужды составляют 52 % от годового фонда заработной платы, связанные с трудовыми ресурсами, достигают 10640 долл. (7000+3640).

Поскольку годовая величина амортизации зависит от срока эксплуатации ВЭС, то общезаводские расходы должны быть рассчитаны для 10-, 20- и 25-годового срока работы оборудования (табл. 6).

Таблица 6. Расчет годовой величины общезаводских затрат

Показатели	Единицы измерения	Значение показателя, годы		
		10	20	25
1. Годовая величина амортизационных отчислений:				
а) традиционный расчет	долл.	35700	17850	14280
б) модифицированный расчет		28560	10710	7140
2. Годовой фонд заработной платы	долл.	7000	7000	7000
3. Годовая суммарная величина амортизации и зарплаты:				
а) традиционный расчет	долл.	42700	24850	21280
		35560	17710	14140
4. Доля общезаводских затрат от суммарной величины амортизации и зарплаты	%	5	5	5
5. Общезаводские затраты:				
а) традиционный расчет		2135	1242,5	1064
б) модифицированный расчет	долл.	1778	885,5	722

Имея рассчитанные показатели амортизации, стоимости ремонта, расходов, связанных с трудовыми ресурсами, общезаводские затраты, определим заводскую себестоимость электроэнергии ВЭС (табл. 7).

Из данных таблицы 7 следует два обстоятельства:

- во-первых, заводская себестоимость снижается при росте срока эксплуатации ВЭС;
- во-вторых, модифицированный расчет заводской себестоимости позволяет снизить ее по сравнению с традиционным.

Таблица 7. Значение заводской себестоимости электроэнергии ВЭС

Показатели (в долл.)	Значение показателя, годы		
	10	20	25
1. Годовая величина амортизационных отчислений:			
а) традиционный расчет	35700	17850	14280
б) модифицированный расчет	28560	10710	7140
2. Годовая величина расходов на текущий ремонт	4641	4641	4641
3. Годовая величина расходов на капитальные ремонты	9996	9996	9996
4. Годовая величина расходов, связанных с трудовыми ресурсами	10640	10640	10640
5. Годовая величина общезаводских расходов:			
а) традиционный расчет	2135	1242,5	1064
б) модифицированный расчет	1778	885,5	722
6. Заводская себестоимость:			
а) традиционный расчет	63112	44370	40612
б) модифицированный расчет	55615	36873	33139

В таблице 8 приведены результаты расчета общей себестоимости расходов с учетом аренды земли и суммарных отчислений в фонды. Так, общая себестоимость производства электроэнергии при модифицированном расчете (Т=25 лет) равна 35539 долл., полученная как сумма соответствующей заводской себестоимости (33139 долл.), стоимости аренды земли (600 долл.) и величины отчислений в фонды (1800 долл.).

Таблица 8. Расчет общей себестоимости производства электроэнергии ВЭС

Показатели (в долл.)	Значение показателя, годы		
	10	20	25
1. Заводская себестоимость:			
а) традиционный расчет	63112	44370	40612
б) модифицированный расчет	55615	36873	33139
2. Стоимость аренды земли	600	600	600
3. Отчисление в фонды	800	1800	1800
4. Общая себестоимость:			
а) традиционный расчет	65512	46770	43021
б) модифицированный расчет	58015	39273	35539

В таблице 9 приведены расчеты удельной себестоимости в зависимости от годового фонда рабочего времени ВЭС.

Таблица 9. Удельная себестоимость производства 1 кВт·час электроэнергии ВЭС

Фонд рабочего времени установленной мощности ВЭС, час	Удельная себестоимость (цент/кВт·час) в зависимости от срока эксплуатации ВЭС, лет					
	10		20		25	
	Традиционный	Модифицированный	Традиционный	Модифицированный	Традиционный	Модифицированный
1000	10,44	9,25	4,76	6,26	6,86	5,67
1200	8,7	7,71	6,21	5,22	5,72	4,72
1400	7,46	6,61	5,33	4,47	4,9	4,05
1600	6,52	5,78	4,66	3,91	4,29	3,54
1800	5,8	5,14	4,14	3,48	3,81	3,15
2000	5,22	4,62	3,73	3,13	3,43	2,83
2200	4,74	4,2	3,39	2,84	3,12	2,58
2400	4,35	3,85	3,11	2,61	2,86	2,36
2600	4,01	3,56	2,87	2,41	2,64	2,18
2800	3,73	3,3	2,66	2,24	2,45	2,02
3000	3,48	3,08	2,49	2,09	2,29	1,89
3200	3,26	2,89	2,33	1,92	2,14	1,77
3400	3,07	2,72	2,19	1,84	2,02	1,67
3600	2,9	2,57	2,07	1,74	1,9	1,57
3800	2,75	2,43	1,96	1,65	1,8	1,49
40000	2,61	2,31	1,86	1,56	1,71	1,42

В таблице 10 приведены результаты расчетов приведенных затрат в зависимости от времени эксплуатации ВЭС.

Таблица 10. Расчет приведенных затрат на производство электроэнергии ВЭС

Показатели (в долл.)	Время, лет		
	10	20	25
1. Общая себестоимость (С):			
а) традиционный расчет	65512	46770	43021
б) модифицированный расчет	58015	39273	35539
2. Годовая величина убытков (В _р)	17850	17850	17850
3. а) Приведенные затраты (традиционный)	83362	64260	60871
б) Приведенные затраты (модифиц.)	75865	57123	53389

В таблице 11 приведены значения удельных приведенных затрат, в зависимости от количества часов использования установленной мощности ВЭС в году.

Таблица 11. Приведенные затраты на 1 кВт·час электроэнергии ВЭС

Количество часов использования установленной мощности	Общая себестоимость (цент/кВт·час) в зависимости от срока работы ВЭС, годы					
	10		20		25	
	Традиционный	Модифицированный	Традиционный	Модифицированный	Традиционный	Модифицированный
1000	13,29	12,1	10,3	9,11	9,7	8,51
1200	11,01	10,08	8,59	7,59	8,09	7,09
1400	9,49	8,64	7,36	6,51	6,93	6,08
1600	8,3	7,56	6,44	5,69	6,06	5,32
1800	7,38	6,72	5,72	5,06	5,39	4,73
2000	6,64	6,05	5,15	4,55	4,85	4,25
2200	6,04	5,5	4,68	4,14	4,41	3,87
2400	5,54	5,04	4,29	3,8	4,04	3,55
2600	5,11	4,65	3,96	3,5	3,73	3,27
2800	4,75	4,32	3,68	3,25	3,46	3,04
3000	4,43	4,03	3,43	3,04	3,23	2,84
3200	4,15	3,78	3,22	2,85	3,03	2,66
3400	3,91	3,56	3,03	2,68	2,85	2,5
3600	3,69	3,36	2,86	2,53	2,69	2,36
3800	3,5	3,18	2,71	2,4	2,55	2,24
4000	3,32	3,02	2,57	2,25	2,42	2,13

Выводы. Таким образом, результаты сравнения вариантов модифицированного расчета показывают, что работа электроэнергетических предприятий в Херсонской области должна ориентироваться на традиционные энергоносители лишь в том случае, когда количество часов использования установленной мощности ВЭС не превышает 2600 ч. Во всех других случаях, т.е. тогда, когда количество часов использования установленной мощности ВЭС превышает 2600 часов, электроэнергетические предприятия в Херсонской области необходимо ориентировать на использование энергии ветра.

Необходимо указать, что с учетом интенсивного роста цен на невозобновимые энергоносители экономические преимущества использования ветросиловой энергетики будут еще предпочтительнее. Это особенно важно отметить на фоне истощения невозобновимых ресурсов и интенсивного роста цен на них.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конеченков А., Пирогов В. Возобновляемая энергетика мира // Зеленая энергетика. – 2005. – № 1. – С. 4–5.
2. Безруких П.П. Ветроэнергетика Европы: факты и комментарии // Энергия : экономика, техника, экология. – 1996. – № 8. – С. 25–29.

3. Козорез Г. Политика энергообеспечения и пути ее реализации в Украине // Региональная экономика. – 1998. – № 2. – С. 61–67.
4. Отчет правления ДАЕК "Херсоненерго" за 2003 год. – Херсон, 1997. – 16 с.
5. Отчет правления ДАЕК "Херсоненерго" за 2004 год. – Херсон, 1998. – 17 с.
6. Васька П.Ф., Брыль А.А., Пекур П.П. Определение технических показателей эффективности использования ветроэлектрических агрегатов в Украине // Энергетика и электрификация. – 1995. – № 2. – С. 48–52.
7. Постановление от 1 марта 1999 г. № 303 "Об утверждении порядка установления нормативов сбора за загрязнение окружающей среды и взыскание этого сбора" // Все о бухгалтерском учете. – 1999. – № 25. – С. 13–20.
8. Руда О.И. Математическая модель для анализа экономической эффективности инвестиционного проекта модернизации системы энергоснабжения с использованием ВЕУ // Научный вестник. – Львов : УкрДЛТУ, 1997. – № 7. – С. 1991–2000.

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА УЗЛОВ ТРЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОСТИЖЕНИЙ ПРИКЛАДНОГО МАГНЕТИЗМА

*Малыгин Б.В., Блах И.В., Дюдяева О.А.,
Херсонский государственный морской институт*

Введение. Примерно 80-90 % отказов машин и механизмов происходит из-за износа узлов и деталей, а также рабочего инструмента. За полный цикл эксплуатации машин, эксплуатационные затраты (расходы, трудоемкость ремонта и затраты материалов на ремонт) в несколько раз превышают затраты на изготовление новых машин. Ремонтом оборудования в развитых странах занято около 30 % общего числа рабочих и примерно такая же часть станочного парка. На ремонт расходуется пятая часть всего выплавленного металла.

Кроме того, значительные расходы обусловлены недооценкой значимости проблем износостойкости и долговечности машин, как ныне эксплуатируемых, так и намеченных к выпуску в ближайшее время.

Актуальность. Триботехника – это путь к высвобождению огромных "резервов" повышения долговечности машин, при сохранении их рабочих характеристик, которое обуславливается главным образом долговечностью узлов и элементов трения, равносильно не только пропорциональному повышению производительности, но и высвобождению огромных ресурсов рабочей силы, сырья, материалов, финансовых средств.

В Украине из-за недостатка средств последние 15 лет основные фонды почти не обновлялись и по прогнозу многих экспертов в ближайшее время не предвидится. Следовательно, ожидается отрицательная динамика работоспособности промышленного, энергетического и других видов оборудования. А значит стоит задача максимального увеличения сроков эксплуатации действующего оборудования с сохранением надежности его эксплуатации, при минимальных затратах. Особая роль в рассмотрении вопросов трения отводится поверхностным слоям.

До последнего времени основным направлением по борьбе с изнашиванием в машиностроении было повышение твердости трущихся поверхностей детали. В промышленности разработано большое количество методов повышения твердости деталей (хромирование, азотирование, цементирование и т. д.). Это направление позволило в большей степени повысить надежность трущихся деталей машин. Однако постоянное стремление к уменьшению массы машин и повышению интенсификации рабочих процессов привело к увеличению давлений в узлах машин и скоростей скольжения и ухудшило условия смазывания. Кроме того, требования к повышению КПД механизмов, а также применение специальных смазочных материалов и жидкостей привело к тому, что

традиционные методы увеличения износостойкости деталей повышением их твердости во многих случаях перестали себя оправдывать.

Основная часть. В решении поставленной задачи важную роль играет создание новых методов повышения ресурса узлов трения [1–8]. Один из них предлагается авторами и изложен ниже.

На рис. 1 показана схема улучшения основных параметров работы узлов трения скольжения с применением магнитно-импульсной обработки (МИО) в триботехнике и приведены основные объекты для магнитной обработки. При помощи МИО можно не менее чем на 25 % повысить работоспособность узла трения, увеличить на 20...50 % эффективность смазки и скорость охлаждения подшипников скольжения, ускорить (в нужном направлении) течение химических реакций, протекающих в зоне трения скольжения между компонентами смазки. Это позволяет с вероятностью 60...70 % прогнозировать вероятность и характер ожидаемого разрушения детали (узла). Вышеизложенное позволяет не только достаточно точно выбрать объекты для магнитной обработки, но и определить границы метода в решении первоочередных задач упрочнения. Наиболее удобными объектами для объемной и локальной МИО может быть любой металлорежущий инструмент, цельные и сборные штампы, рабочие органы буровых снарядов и горных машин, несущие органы, стальные троса и канаты, а также любые вращающиеся (особенно динамически нагруженные) детали, например, валы, оси, цапфы, подшипники и др. диаметром 100...200 мм.

Специальная локальная магнитная обработка металлов позволяет снизить термокоррозионный износ деталей, механизмов, работающих при повышенной температуре (до 600...800°C), уменьшить разрушение трубо- и паропроводов за счет устранения большей части монтажных перенапряжений и остаточных концентраций в сварных швах, повысить электростатическую и аэрозольную стойкость электропроводов и кабельных систем, а также значительно повысить срок службы деталей машин, работающих при температуре минус 40...270°C и повышенной влажности. Объектами МИО, как эффективного способа повышения долговечности, могут быть пары из ферро- и парамагнетиков, применяемые в электротехнике, приборостроении и точной механике. При помощи локальной магнитной обработки, а также обработки изделий в контейнерах с применением феррожидкости можно в 2...5 раз повысить ресурс оборудования, арматуры и конструкций из цветных металлов сплавов. Локальное намагничивание ослабленных сечений позволяет в 3...4 раза увеличить надежность крепежных соединений (заклепочных швов, болтовых и шпоночных соединений), соединительных муфт, переходных штанг и др. Магнитная обработка механизмов и машин в специальных магнитных камерах (большого объема) повышает надежность сборки и монтажа агрегатов, увеличивает экономичность работы двигателей внутреннего сгорания, реактивных двигателей, узлов атомных реакторов, узлов самолетов, рабочих блоков и оборудования криогенной аппаратуры, турбин, клапанов и др.

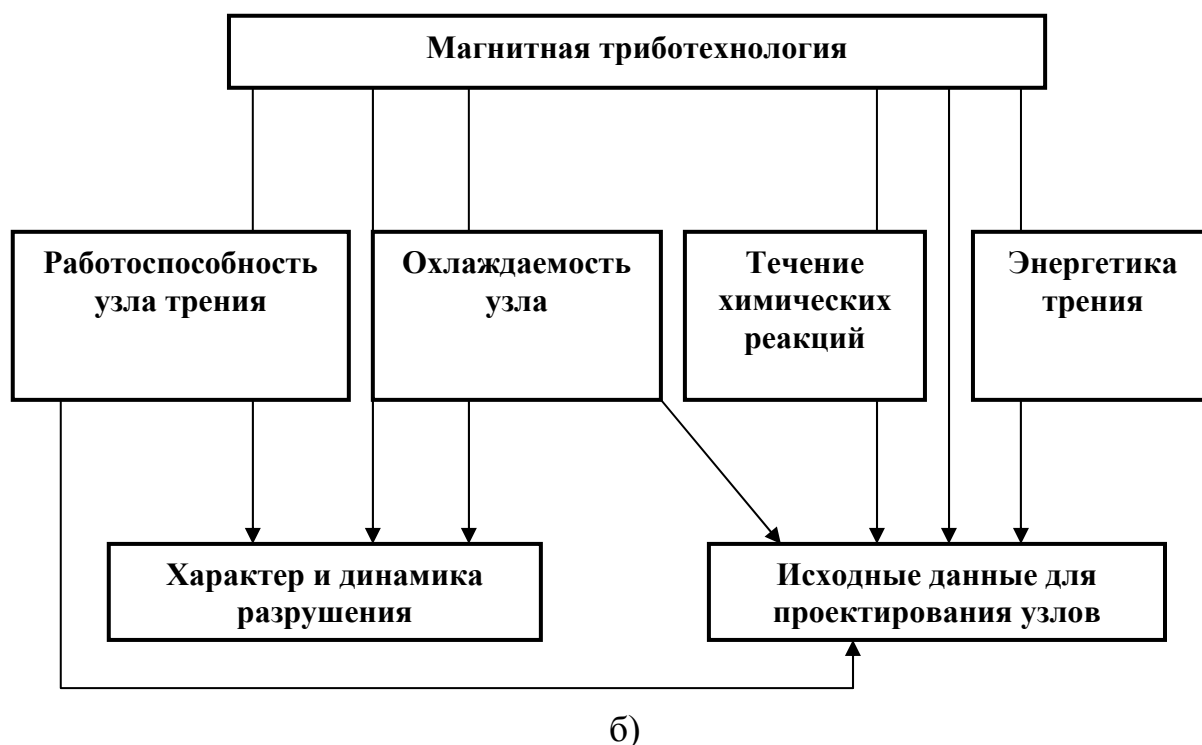


Рисунок 1. Влияние МИО на свойства материалов (а) и раскрытие эффекта на примере магнитной триботехнологии (б)

На основании вышеизложенного определялось место технологии и установок для магнитоупрочнения. Например, в машиностроении возможности МИО должны учитываться не только при проектировании, а также при изготовлении, как отдельных деталей машин, так и целых

агрегатов, что максимально повышает ресурс их работы. В качестве примера приведена схема применения МИО на одном из машиностроительных заводов Украины (рис. 2).



Рисунок 2. Технология МИО в машиностроении

- 1 – изготовление литейной, штамповочной и другой оснастки,
- 2 – изготовление металлорежущего инструмента и штампов,
- 3 – изготовление и контроль деталей,
- 4 – сборка, монтаж и наладка механизма с применением намагниченного крепежа, локальной обработки узлов,
- 5 – за счет МИО в камерах-соленоидах, локальной обработки магнитными шайбами, магнитной обработкой узлов под нагрузкой

Из рисунка 2 следует, что при изготовлении технологической оснастки и основных инструментов в инструментальных и механических цехах, на участках сборки, монтажа, наладки, как отдельных узлов, так и всего агрегата установки для МИО изделий целесообразно расположить на поточной линии

серийного производства машин. Поэтому, в машиностроении необходимо не только проектировать и применять технологию МИО, но также планировать универсальный комплект магнитной оснастки, то есть весь инструментарий для оперативного осуществления магнитного упрочнения изделий конкретного производства (типоразмеры соленоидов, габариты и массу сердечников, магнитных скоб, наконечников, системы охлаждения и размагничивания, размеры и производительность установки, магнитных камер). Особое внимание следует уделить не только контролю параметров результата магнитной обработки, уменьшению локальных концентраций внутренних и сборочных напряжений, но и компьютеризации магнитоупрочнения.

По результатам проведенных работ можно предложить место размещения магнитных установок (рис. 3 и рис. 4) при крупно- и мелкосерийном производстве деталей, при изготовлении деталей машин и механизмов в машино- и приборостроении.

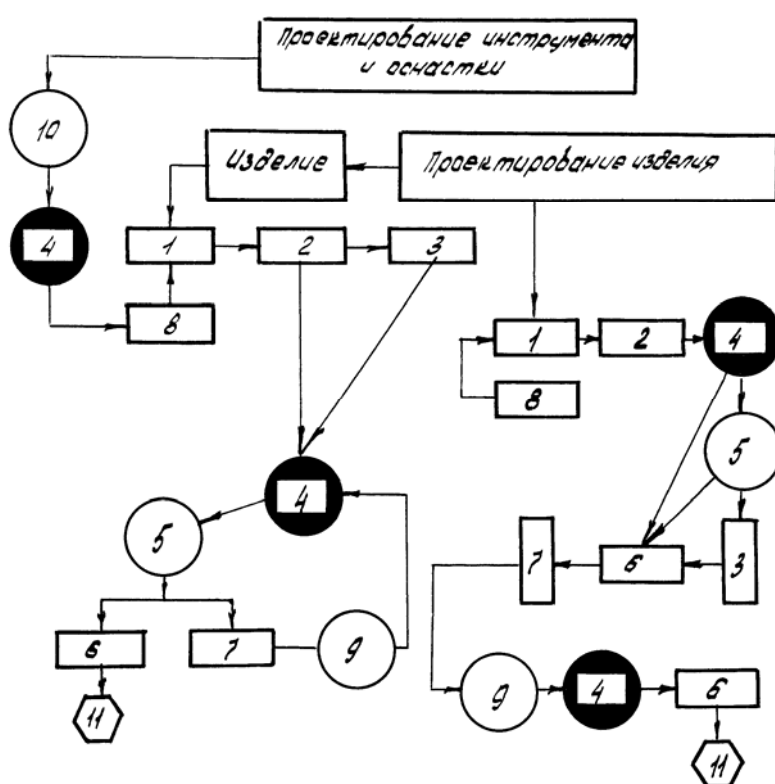


Рисунок 3. Месторасположение МИО при серийном выпуске деталей

- 1 – механическая обработка, 8 – упрочненный инструмент,
2 – термическая обработка, 9 – сборка,
3 – финишная обработка и доводка, 10 – изготовление инструмента и
4 – магнитно-импульсная обработка, оснастки,
5 – выдержка и контроль, 11 – складирование
6 – размагничивание,
7 – готовое изделие (деталь),

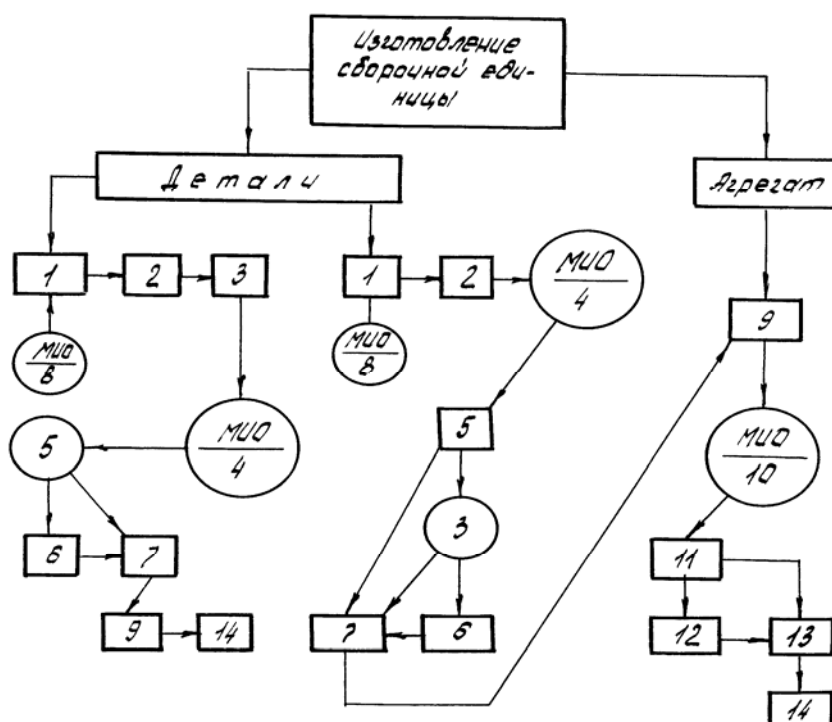


Рисунок 4. Месторасположение установок МИО при изготовлении механизмов в машино- и приборостроении

- 1 – механическая обработка,
- 2 – термическая,
- 3 – отделочная работа,
- 4, 10 – МИО,
- 5, 11 – выдержка,
- 6, 12 – размагничивание,
- 7 – готовые детали, агрегаты,
- 8, 14 – упрочненный инструмент,
- 9 – сборка,
- 13 – стендовые испытания.

Из приведенных схем видно, что, установки МИО необходимо предусмотреть на следующих технологических операциях:

- 1) на участках термообработки деталей (например, для замены отжига, отпуска, нормализации и др.),
- 2) после финишной обработки изделий,
- 3) в конце сборочных линий,
- 4) на участках по изготовлению металлорежущего инструмента и штамповочной оснастки основных технологических цехов.

Кроме того, на рисунках 3, 4 показаны места возможного размещения размагничивающих устройств, необходимых для устранения остаточной

напряженности магнитного поля с предварительно упрочненных изделий (если она нежелательна при работе механизма). При таком расположении установок МИО можно не только упрочнить обрабатывающий инструмент и детали машин, но и повысить на 25...40 % надежность и ресурс работы механизма.

Выводы. Опыты и результаты проведенных работ подтверждают перспективы создания магнитной триботехнологии, принципы которой позволяют при помощи электродинамики управлять работой любых узлов трения.

Предложенные укрупненные схемы технологий и устройств позволяют просто и удобно планировать объекты для магнитного упрочнения, а также рационально расположить установки на линиях поточного производства ведущих отраслей народного хозяйства.

Обобщая в дальнейшем результаты работ по МИО узлов трения, можно получить исходные данные для проектирования наиболее устойчивых с позиций триботехники и трибомеханики механизмов и сборочных единиц.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малыгин Б.В., Мендельсон С.А., Селезнева Е.В. Эффективность внедрения магнитной обработки инструмента и деталей машин // Технология и организация производства. – 1988. – № 1. – С. 7–9.
2. Малыгин Б.В. Магнитно-импульсное упрочнение инструмента и деталей машин. – М. : Машиностроение, 1989. – 120 с.
3. Малыгин Б.В. А.с. 735657, МКИ С 21Д-1/04. Установка для снижения расхода металлов защитных покрытий.
4. Малыгин Б.В. Опыт внедрения новых методов магнитного упрочнения // Механизация и автоматизация производства. – 1989. – № 10. – С. 23–25.
5. Малыгин Б.В., Семерникова И.А. Магнитно-импульсное упрочнение деталей машин и инструмента // Станки и инструменты. – 1989. – № 4. – С. 23–26.
6. Малыгин Б.В., Мендельсон С.А. Магнитное упрочнение измерительного инструмента и деталей оснастки // Станки и инструменты. – 1990. – № 1. – С. 38–42.
7. Малыгин Б.В., Долинский В.И. А.с. № 1693778. Способ изготовления машин и механизмов, 1991.
8. Малыгин Б.В., Бень А.П., Лемещенко Е.Б. Применение управляемого прикладного магнетизма. Теория. Технология. Практика: матеріали I Міжнар. конференції [”Radio electronics, Informatics, Technology”], (Кишинів, 15-16 жовт. 2008 р.) / Академія Наук Молдови. – Кишинів : Техн. університет Молдови, 2008. – С. 281–284.
9. Малыгин Б.В., Бень А.П. Магнитное упрочнение изделий. (теория и практика). – Херсон : Изд-во ХГМИ, 2009. – 352 с.

БЕЗОПАСНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

*Михайлик В.Д., Михайлик С.В.,
Херсонский национальный технический университет*

Введение. Тепло геотермальных вод используют для отопления и теплоснабжения промышленных, жилых зданий и санаторных помещений. В последнем случае их применяют и для лечебных целей в санаторных ваннах и бассейнах. Однако, как показывает практика, например, Генического источника (Херсонская область), такая утилизация может быть пожароопасной из-за возможного наличия в воде горючего газа – метана. Поэтому такую утилизацию невозможно безопасно реализовать по известным технологиям, и необходимы тепловые схемы с промежуточными устройствами дополнительного контура.

Цель работы – показать возможность безопасной утилизации геотермальных вод. Нами разработаны две схемы утилизации тепла таких геотермальных вод. Одна схема для реализации предложенного способа [1] с тепловыми трубами в зонах испарения и конденсации, при этом в зоне испарения интенсивный теплообмен обеспечивается за счет создаваемого потоком воды кипящего слоя песка как промежуточного зернистого теплоносителя, для отбора тепла от геотермальной воды. В зоне конденсации получают горячую воду из холодной – от нагрева ее трубами. Вторая схема – в виде устройства для утилизации тепла таких вод [2]. В этой схеме предусмотрена предварительная сепарация горючих газов и использование их в качестве топлива. Показана целесообразность таких схем.

Ниже описаны особенности этих схем.

Известен способ утилизации тепла горячих отработавших вод путем рекуперативного нагрева холодной воды с помощью поверхностных теплообменников.

Недостаток этого способа состоит в невысокой эффективности утилизации тепла из-за малоинтенсивной циркуляции теплоносителя. Частично этот недостаток устранен в другом способе аналогичного назначения, путем рекуперативного нагрева холодной воды, при этом используют тепловые трубы с камерами их нагрева и охлаждения. Это изобретение более близкое к предложенному. Однако для него характерна невысокая эффективность утилизации тепла, из-за невысокой интенсивности теплообмена в камере нагрева тепловых труб.

В основу данного изобретения положена задача разработки такого способа утилизации тепла геотермальных вод, который обеспечивал бы возможность эффективной утилизации тепла при более полном использовании тепла таких вод за счет обеспечения более интенсивного теплообмена в камерах нагрева тепловых труб.

Поставленная задача достигается в предложенном способе утилизации тепла геотермальных вод путем рекуперативного нагрева холодной воды, с использованием тепловых труб с камерами нагрева и охлаждения, тем, что в камеру нагрева засыпают слой промежуточного зернистого теплоносителя, в виде песка, в который подают снизу вверх геотермальную воду со скоростью 0,8-2,5 м/с, а вывод геотермальной воды из камеры нагрева ведут с ее надслоевого объема, при этом нагрев тепловых труб реализуют в объеме слоя песка, а их охлаждение – в камере нагрева холодной воды. Введение в камеру нагрева слоя теплоносителя, в виде песка, и подача геотермальной воды со скоростью, достаточной для псевдооживления песка, обеспечивает эффект интенсивного теплообмена в камере и более полную утилизацию тепла за счет существенного роста общей поверхности теплообмена в кипящем слое.

При скорости подачи геотермальной воды менее 0,8 м/с не достигается режим псевдооживления всей массы песка и поэтому теплообмен недостаточно интенсивный, а при скорости воды более 2,5 м/с – песок прижимается к сетке 10, и застревает в ее отверстиях.

Суть изобретения поясняется рисунком 1, на котором показано схематично устройство для реализации способа.

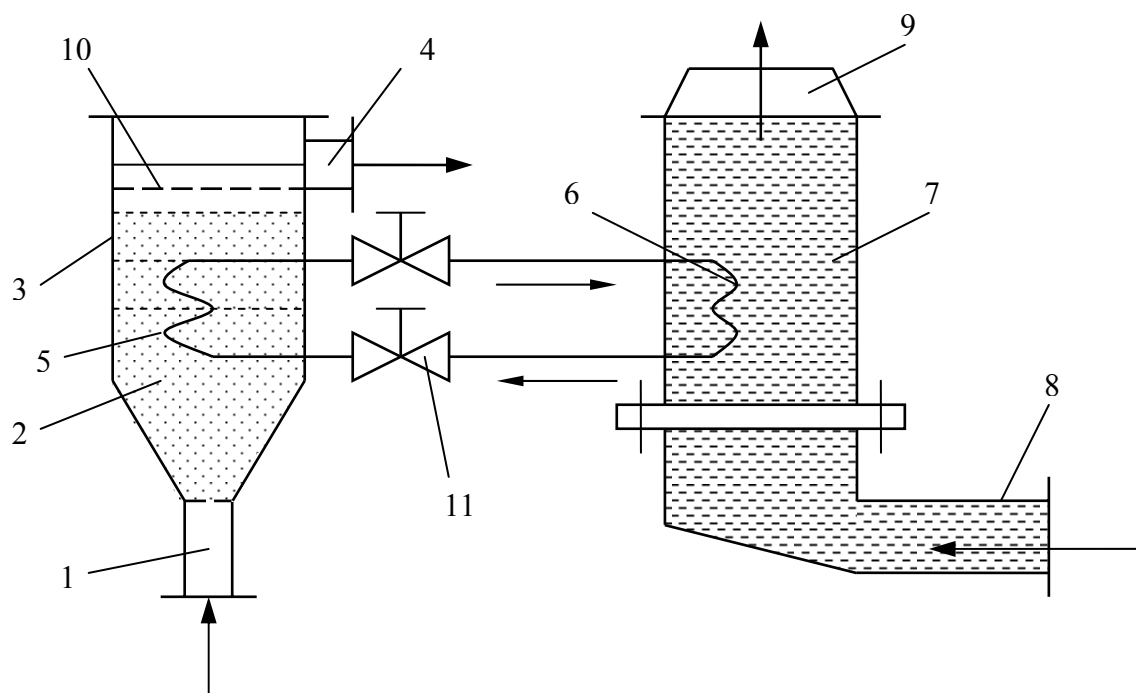


Рисунок 1. Способ утилизации тепла геотермальных вод

Наличие сетки 10 позволяет избежать выноса песка из камеры 3. При этом в камере 3 обеспечивается интенсивный теплообмен между геотермальной водой и змеевиком 5, за счет создания «кипящего слоя» песка, который как будто «кипит» в воде. Поэтому геотермальная вода интенсивно передает свое тепло трубам змеевика 5 и при этом она

охлаждається до температури 20–25 °С, а холодна вода в камері 7 за счет змеевиків 6 підігрівається до 50–90 °С. При початковій її температурі 10–20 °С вона спочатку поступає по трубах 8 в камеру 7, а виводиться підігрітою до 50–90 °С по патрубку 9 і використовується на нужди теплофікації.

Геотермальна отработана вода з температурою 20–25°С з надшарового об'єму виводиться з камери 3 по патрубок 4 і скидається в каналізацію.

Наличие крана 11 позволяет регулировать необходимый режим работы камер нагревания и охлаждения по температуре.

Как следствие – достигается высокая эффективность теплоутилизации за счет обеспечения высокой интенсивности теплообмена в кипящем слое песка.

Расчеты показывают, что при реализации предложенного способа, возможно получить высокий коэффициент полезного действия (КПД) 90–95 % по теплоутилизации тепла геотермальной воды.

Хотя описанное техническое решение позволяет выделить газовые примеси, использование последних не решено. Кроме того, такая схема сложная по своей конструкции. Поэтому в основу следующего изобретения была положена задача разработать такое устройство для утилизации геотермальных вод, которая обеспечила бы возможность отделения горючих газов из геотермальной воды и их использование.

Поставленная задача достигается в предложенном устройстве [2] для утилизации тепла геотермальных вод, которая включает патрубок подачи геотермальной воды, систему рекуперативного подогрева холодной воды, патрубок выхода отработавшей воды. После патрубка подачи геотермальной воды установлен сепаратор горючих газов, соединенный патрубком с устройством для сжигания этих газов, а последнее соединено с системой рекуперативного подогрева холодной воды, в виде подогревателя с тепловой внешней рубашкой для использования тепла сгорания газов. При этом патрубок подачи геотермальной воды размещен на сепараторе тангенциально, по касательной относительно цилиндрического корпуса сепаратора.

Суть изобретения поясняется рисунком 2, на котором схематично показано устройство для безопасной утилизации геотермальных вод.

Конструкция устройства содержит: патрубок подачи геотермальной воды 1; сепаратор 2, с тангенциальной подачей геотермальной воды; патрубок 3 для подачи воды после сепаратора в емкость 4 в виде бассейна или ванны, трубопровод 5 подачи холодной воды в рекуперативный подогреватель 6; устройство 7 для сжигания газа, отделенного в сепараторе, который поступает в устройство 7 по патрубку 8; внешняя тепловая рубашка 9, которая обогревается продуктами сгорания газа; труба 10 для отвода подогретой воды на нужды теплоснабжения; выхлопной патрубок 11 для выброса отработавших продуктов сгорания; патрубок 12 для сброса в канализацию отработавшей геотермальной воды.

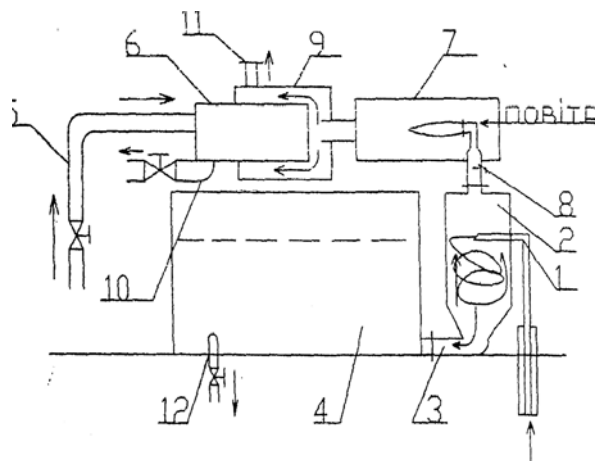


Рисунок 2. Устройство для утилизации тепла геотермальных вод

Схема работает следующим образом: по патрубку 1 геотермальная вода тангенциально (по касательной) подается в сепаратор 2, в цилиндрическом корпусе которого она движется по спирали сверху вниз и отводится по патрубку 3 в емкость 4, либо ванну, где она используется для лечебных целей при температуре 35–40 °С. Отделенный горючий газ в сепараторе 2 из его верхней части по патрубку 8 поступает в устройство 7, где он сгорает при подаче воздуха. Холодная вода по трубе 5 поступает в подогреватель 6, где она подогревается до 50–60 °С за счет тепла продуктов сгорания газа (теплоносителя) с помощью тепловой рубашки 9. Горячая вода из подогревателя 6 отводится по трубе 10 на теплоснабжение или на отопление помещений, либо на сантехнические нужды. Отработавший теплоноситель отводится по патрубку 11 в атмосферу, а при необходимости перед выбросом устанавливается устройство для очистки. Геотермальную воду после использования в емкости 4, сбрасывают в канализацию по патрубку 12.

Вывод. Предложенная схема обеспечивает комплексное использование геотермальной воды, как самой воды, так и примесей горючего газа, в качестве топлива.

При этом обеспечивается как экономическая, так и экологическая эффективность схемы за счет рационального использования такого ресурса, как геотермальная вода, и охрана среды от вредных выбросов, за счет сепарации горючего газа (метана) из геотермальной воды.

Существенный результат состоит также в повышении безопасности такой схемы после сепарации горючего газа из геотермальной воды.

Схема намечена для внедрения на Геническом источнике геотермальной воды (Херсонская обл.).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 64139А, Україна, МПК F 28 D 15/00. Спосіб утилізації тепла геотермальних вод / Михайлик В.Д., Михайлик С.В.; опубл. 2004, Бюл. № 2.
2. Патент №81480, Україна, МПК F 28 D 15/00. Пристрій для утилізації тепла геотермальних вод / Михайлик С.В., Михайлик В.Д.; опубл. 2008, Бюл. № 1.

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОМОНІТОРИНГУ ГІДРОЕКОСИСТЕМ ШТУЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ

*Пилипенко Ю.В., Плоткін С.Я., Домарацький О.О.,
Херсонський державний аграрний університет,
Шевченко П.Г.,*

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

Постановка проблеми. Серед європейських країн Україна за сумарними запасами водних ресурсів на душу населення характеризується найнижчими показниками, позаду залишаються лише Угорщина та Молдова. При цьому, не виправдане їх залучення у господарський обіг, прогресуюче забруднення, зміна умов функціонування ландшафтів призвели до різкого зниження якості водоресурсного потенціалу, втрат самовідновної і самоочисної здатності водних екосистем. У результаті цього сучасні водогосподарсько-екологічні проблеми з локальних і регіональних перетворилися на загальнодержавні.

Багаторічні комплексні дослідження, які здійснювалися у межах екологічного моніторингу на окремих акваторіях штучного походження, дозволили накопичити значний обсяг атрибутної інформаційної бази даних стосовно морфометричних, гідрологічних, гідрохімічних та гідробіологічних параметрів цих специфічних гідроекосистем штучного походження, провести інтегральну екологічну оцінку сучасного стану їх гідроекосистем за відповідними критеріями. Наслідком цієї роботи є сформована спільна критеріальна база для здійснення порівняльного екологічного аналізу з реальними значеннями абіотичних і біотичних показників гідроекосистем певних техногенних акваторій, що має слугувати підґрунтям для планування і управління водоохоронними заходами.

Мета і методика досліджень. З метою забезпечення ефективного використання отриманої інформації у моніторингову практику впроваджена геоінформаційна система (ГІС), що являє собою сучасну інтегровану інформаційну технологію. Ідеологія побудови і рівень розвитку сучасних ГІС дає змогу вирішити питання, які мають особливе значення під час проведення гідроекологічних досліджень [1–3], а саме:

- комплексно обробляти великі обсяги різномірних баз даних;
- зберігати та візуалізувати інформацію, географічно прив'язувати її до водного об'єкта;
- запроваджувати елементи просторового моделювання;
- одночасно і системно охоплювати спостереженнями значну кількість водних об'єктів за багатьма показниками;
- підвищити достовірність, оперативність і комплексність спостережень, істотно знизити їх вартість.

При формуванні ГІС використано ліцензійне програмне забезпечення ArcGis 9.2 [4–5], яке дозволяє, поряд із стандартними функціями роботи з просторовими даними, запровадити додаткові елементи щодо накопичення, аналізу, зберігання результатів польових і камеральних досліджень, індикації водних об'єктів, що були здійснені у межах екологічного моніторингу гідроекосистем штучного походження.

Результати досліджень. Застосування геоінформаційної системи дозволило провести картографування реальних водних об'єктів, створити електронну мапу Степової зони України, на якій своє географічне розташування знайшли 56 досліджуваних водойм штучного походження, призначених для питного, технічного та іригаційного водопостачання, акумулювання скидних іригаційних вод (рис. 1).

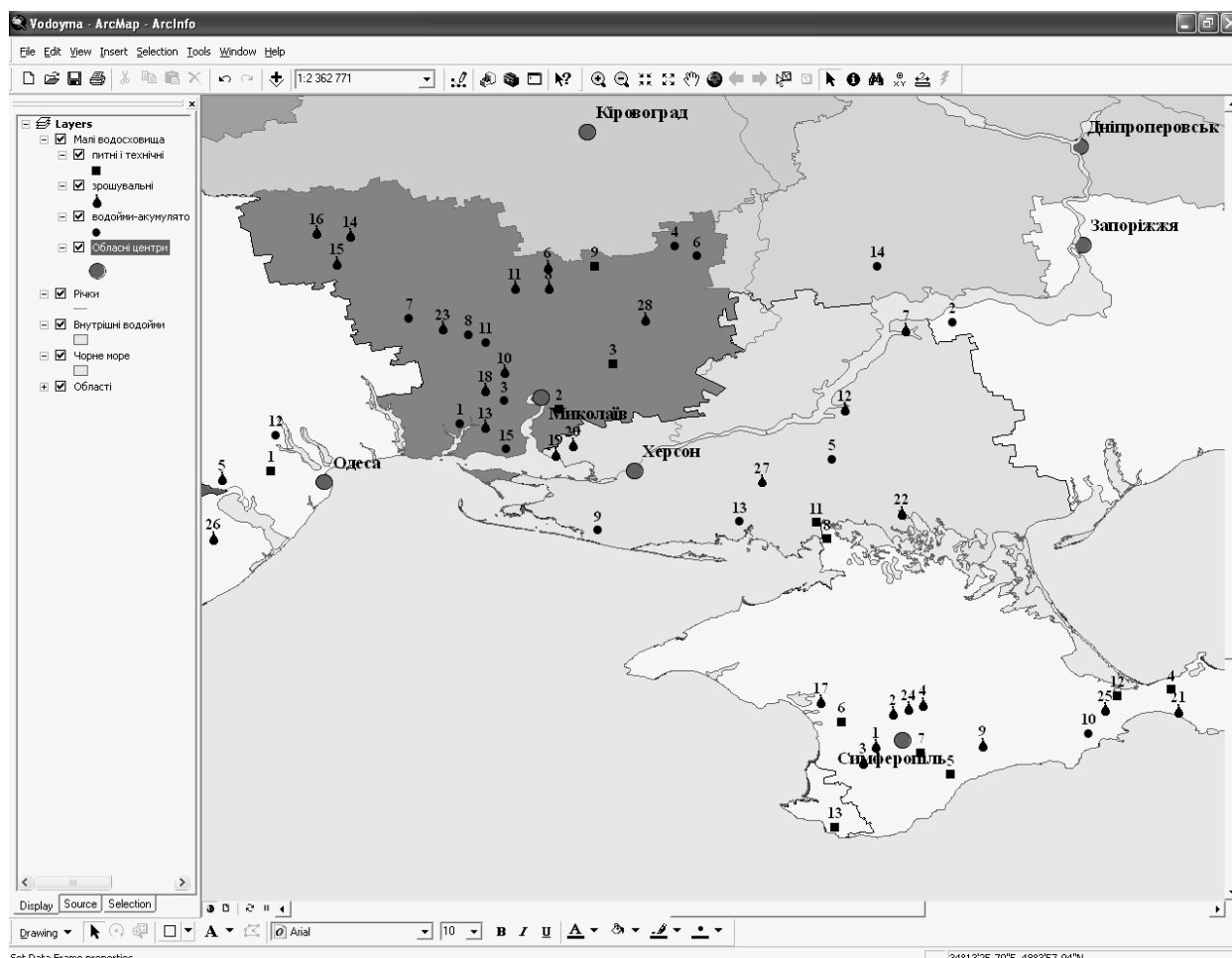


Рисунок 1. Електронна мапа Степової зони України

Можливості цієї програми дозволяють здійснити візуалізацію кожного водного об'єкту штучного походження та розглянути його ландшафтне оточення. Завдяки ГІС проведена їх просторова прив'язка, що забезпечило об'єктивний ландшафтно-ситуаційний аналіз під кутом оцінки джерел

водопостачання, площі й характеру водозбору, рельєфу місцевості, ступеня антропогенної перетвореності (урбанізованості) прилеглої території, наявності лісових масивів, сільськогосподарських угідь (рис. 2).

При цьому ГІС екологічного моніторингу супроводжується визначеними паспортними характеристиками кожного водного об'єкта, які накопичені у базі даних (рис. 3). Доступ до бази даних, яка має об'єктивно-орієнтовану організацію, введення, редагування, систематизація, аналіз і відображення електронних таблиць та паспортної інформації стосовно гідроекосистем малих водосховищ, здійснюється через спеціалізовані функції програми ArcCatalog. При цьому необхідно відмітити, що паспортні дані кожного водного об'єкта або їх систематизованої групи, які містять атрибутивну інформацію стосовно морфо-гідрологічних, гідрохімічних та гідробіологічних параметрів, інтегрованої екологічної індексації гідроекосистем, можуть бути легко розширені за рахунок введення до електронних таблиць відповідних додаткових даних.

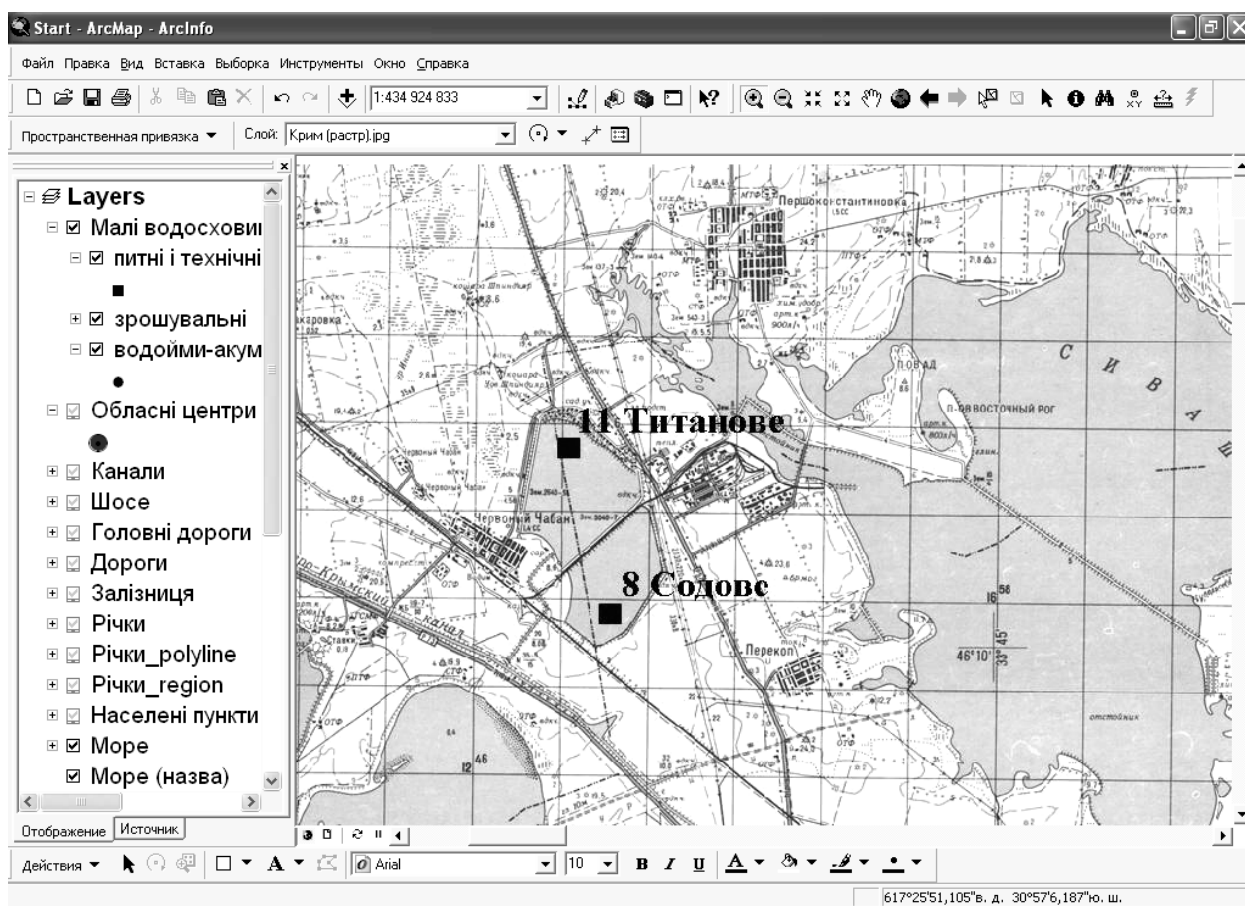


Рисунок 2. Приклад просторової прив'язки водних об'єктів у ГІС екомоніторингу

Attributes of питні і технічні											
FID	Shape *	ID	NAME	AREA	MDEPTH	PHOTIC_ZONE	VOLUME	COEF_WATE	PH	P-BIOGENE	II-BIOGENE
0	Point	1	Барабойське	200	3,6	1,5	7,2	0,97	8,91	0,1	0,53
1	Point	2	Жовтнєве	450	5,5	2	26,8	1,86	7,8	0,38	0,85
2	Point	3	Засільське	145	2,8	1,3	4,06	1,41	7,59	0,11	0,29
3	Point	4	Зеленоярське	48	4,4	1,7	2,14	0,35	7,93	0,09	0,34
4	Point	5	Кутузіївське	15	6,3	2	0,95	1,17	6,75	0,07	0,37
5	Point	6	Міжгірне	481	3,6	1,4	17,32	1,12	7,4	0,09	0,51
6	Point	7	Сімферопольське	323	4,8	1,8	15,5	0,9	7,64	0,05	0,42
7	Point	8	Содове	420	1,5	0,7	6,3	0	9,37	0,13	0,72
8	Point	9	Софіївське	470	5,7	2	26,79	1,1	6,87	0,36	0,76
9	Point	10	Станційне	270	6,5	2	22,8	0,2	8,1	0,09	0,48
10	Point	11	Титанове	618	4,5	1,7	27,81	1,56	8,75	0,09	0,52
11	Point	12	Фронтоне	65	2,1	0,9	2,9	1,24	7,6	0,11	0,69
12	Point	13	Чорноріченське	604	5,8	2,5	35,03	1,05	6,33	0,04	0,21

Рисунок 3. Вікно атрибутів паспортних характеристик гідроекосистеми штучного походження

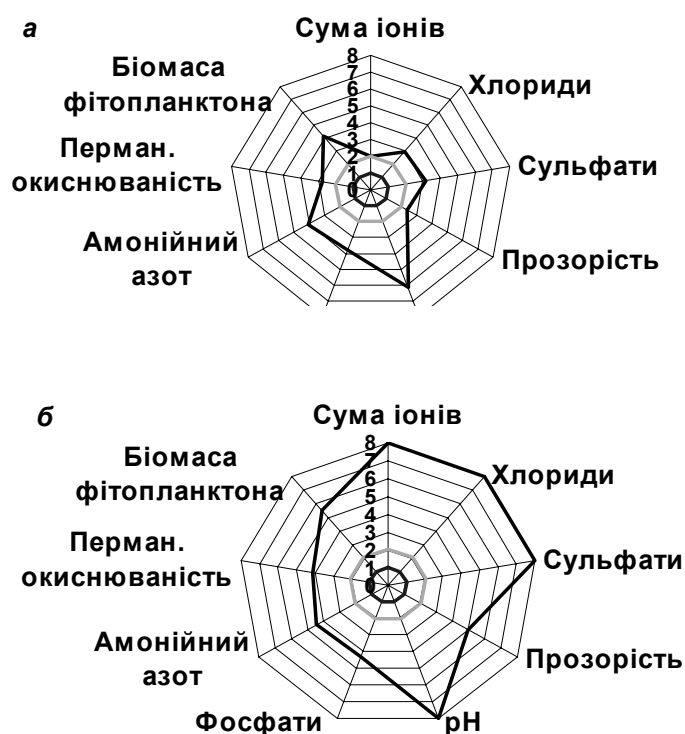


Рисунок 4. Екологічна індикація водних об'єктів штучного походження (на прикладі: а – Титанове водосховище, б – Содове водосховище)

Таким чином, ГІС екологічного моніторингу специфічних гідроекосистем штучного походження передбачає розміщення просторово прив'язаної комплексної екологічної інформації, дозволяє оперативно одержувати візуальне представлення картографічної інформації з різним змістом та наповненням, відображати дані у різних формах (табличній, текстовій, графічній) і масштабах. Формування цифрового картографічного матеріалу дозволяє візуально сприймати, більш реально і детально

усвідомлювати екологічний стан кожної конкретної гідроекосистеми штучного походження, проводити їх комплексну екологічну індикацію за системно визначених екологічних параметрів (рис. 4). Це дає можливість оперативно оцінювати ситуацію, яка склалась під впливом дії різнобічних антропогенних чинників.

ГІС екологічного моніторингу дозволяє складати ситуаційні та оперативні карти екологічного стану гідроекосистем штучного походження за визначеним переліком параметрів, здійснити об'єктивне прогнозування, бути основою прийняття виважених управлінських рішень щодо невиснажливої експлуатації водних ресурсів. При цьому картографування здатне забезпечити оперативну паспортизацію і бонітування водойм штучного походження в залежності від їх цільового використання.

Висновки. Таким чином, універсальність, оперативність, інтеграція різнобічної інформації на єдиній картографічній основі у сполученні з сучасними методами і засобами математичного обчислення та прогнозу позитивно виділяють ГІС із низки існуючих прикладних програм.

Геоінформаційна система без сумніву може вважатись сучасним інструментом для практичної реалізації управлінських рішень щодо оптимізації водоохоронних заходів і водокористування стосовно гідроекосистем штучного походження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеев В.В., Куракина Н.И., Орлова Н.В. Геоинформационная система мониторинга водных объектов и нормирования экологической нагрузки // ArcReview. – № 1 (36). – 2006. – С. 9.
2. Митчелл Э. Руководство по ГИС анализу. Пространственные модели и взаимосвязь. – К. : ЗАО ЕСОММ Со, 2000. – Ч. 1. – 198 с.
3. Новаковский Б.А., Сыроватская М.В., Тульская Н.И. Использование компьютерных технологий в экологическом картографировании // Геоинформатика. – 1997. – № 2. – С. 36–41.
4. ArcGis 9. ArcCatalog. Руководство пользователя. – 2004. – 257 с.
5. ArcGis 9. ArcMap. Руководство пользователя. – 2006. – 546 с.

ЛОКАЛЬНАЯ ДООЧИСТКА ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД МАЛЫХ ОБЪЕМОВ МЕТОДОМ СОРБЦИИ НА АКТИВИРОВАННОМ УГЛЕ

*Пилипенко Ю.В., Нежлукченко В.М., Демьянова О.О.,
Херсонский государственный аграрный университет*

Введение. Проблема очистки хозяйственно-бытовых сточных вод малых объемов от органических веществ до сегодняшнего дня остается открытой [1].

Бытовые сточные воды наряду с минеральными органическими загрязнениями содержат различные патогенные организмы и являются эпидемиологически опасными для человека и животных. Биологический метод занимает одно из ведущих мест в очистке сточных вод [2].

Следует отметить, что одним из важных вопросов установок малой производительности (УМП) является учет неравномерности поступления сточных вод на них как по расходу, так и по концентрации загрязнений [3].

Поэтому актуальным является усовершенствование существующих и разработка более эффективных УМП для биологической очистки сточных вод [2, 3].

Для глубокой очистки воды от растворенных загрязнений в настоящее время наибольшее распространение получил метод сорбции [4–6, 11]. Огромным преимуществом метода сорбции перед другими методами является то, что, при правильном подборе сорбентов, воду можно очищать от многих загрязнений практически полностью. С помощью сорбентов из воды можно извлекать загрязняющие вещества при любых концентрациях, в том числе и весьма малых, когда другие методы очистки оказываются неэффективными [7, 8].

Цель настоящей работы заключается в разработке эффективного, ресурсосберегающего метода локальной доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод. Для достижения поставленной цели использовали метод биосорбции (использование активированного угля с активным илом) [4, 5, 7, 9].

Изложение основного материала. Для исследований была использована сточная вода цеха водовода Днепр – Николаев (ЦВДН).

Биологическая очистка сточных вод осуществляется на очистных сооружениях БИО – 25 в аэротенках (рис. 1), оснащенных трубопроводом для подачи воздуха.

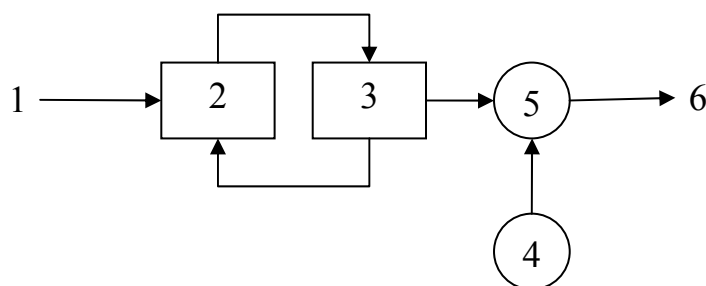


Рисунок 1. Схема биологической очистки сточных вод в аэротенках

1 – сточная вода; 2 – аэротенк; 3 – отстойник; 4 – бак с раствором гипохлорита натрия; 5 – контактный колодец; 6 – очищенная вода

Сточная вода, попадая в аэротенк – отстойник, проходит очистку илом и через камеру отстаивания отводится в контактный колодец, где происходит ее обеззараживание гипохлоритом натрия, затем после контактных колодцев сбрасывается в водоем рыбохозяйственного назначения (р. Ингулка).

Основные физико-химические показатели поступающей воды и на выходе определялись стандартными общепринятыми методами анализа сточных вод [10], которые приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели степени очистки сточных вод до и после биологической очистки

Наименование ингредиента	Единицы измерения	Содержание ингредиента в исходной воде	ПДС	Содержание ингредиента после биологической очистки	Эффект очистки, %
Аммиак	мг\дм ³	13,8	0,5	4,72	66
Нитриты	мг\дм ³	0,6	0,08	0,24	60
Фосфаты	мг\дм ³	2,1	0,724	1,28	39
рН	ед.	8,48	6,5-8,5	8,3	2
СПАВ	мг\дм ³	0,3	0,16	0,22	27
Нитраты	мг\дм ³	18,0	15,95	21	-
Железо	мг\дм ³	0,3	0,165	0,21	30
Медь	мг\дм ³	0,017	0,0052	0,01	41
Хлориды	мг\дм ³	270	249	235	13
Взвешенные вещества	мг\дм ³	21,85	14,5	4,8	78
Цветность	град.	48	35	32	33

Данные, характеризующие показатели биологической очистки, свидетельствуют о том, что ее недостаточно. Для достижения норм ПДС в

соответствии с требованиями к очистке сточных вод использован метод биосорбции, который осуществляется в аппарате с перемешиванием, обеспечивающим необходимые условия для окисления органических загрязнений сточных вод на активном угле.

Воду очищали на компактной лабораторной установке (рис. 2), позволяющей создать постоянный режим очистки.

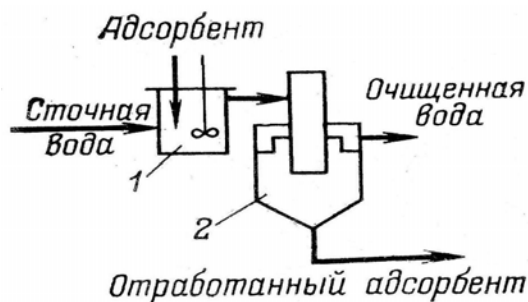


Рисунок 2. Схема адсорбционной установки
1 – смеситель; 2 – отстойник

Доза активированного угля при адсорбционной доочистке воды составляет 3-6 г/дм³ [9].

Во время проведения опытов, сточную воду из бачка подавали в емкость, где, с помощью микрокомпрессора, происходило интенсивное, аэрационное перемешивание смеси воды и ила с адсорбентом, который характеризуется высокой экологической безопасностью и эффективностью [4]. После чего жидкость отстаивали в течении 3 часов и пропускали через двойной слой бумажного фильтра «синяя лента». При этом следует отметить, что ни один из известных методов осветления воды от тонкодисперсных взвесей не дает таких высоких и неизменных результатов, как фильтрование [11].

Пробы для анализов исходной сточной, очищенной воды и активного ила отбирали в течении 5 дней пробоотборником ежедневно. Объем одноразового отбора проб воды составлял 0,5 дм³.

Необходимое количество подаваемого воздуха контролировалось по показателю – методом растворенного кислорода [10]. При этом также определяли содержание активного ила и pH очищаемой воды. Кроме того, проводили органолептическую оценку качества очищаемой воды (цвет, запах, мутность) [10]. Так, если цвет исходной воды был желто-серый и запах оценивался 2 баллами, то в процессе биосорбции вода становилась бесцветной, и при этом полностью исчезал запах. Концентрацию ионов меди, кадмия и свинца в сточной воде определяли на вольтамперометрическом анализаторе АВА-3. Анализатор обеспечивает измерение массовой концентрации элементов в подготовленном водном растворе и изображает вольтамперными кривыми, представленными на рисунках 3 и 4 [12].

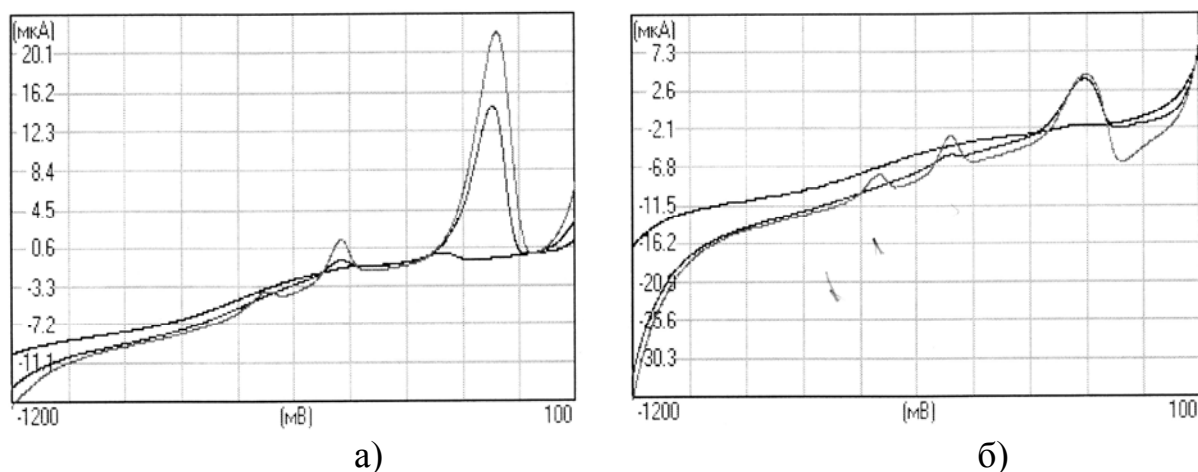


Рисунок 3. Вольтамперные кривые при концентрации активированного угля 3 г/дм³: а) в аэротенке; б) после биосорбции

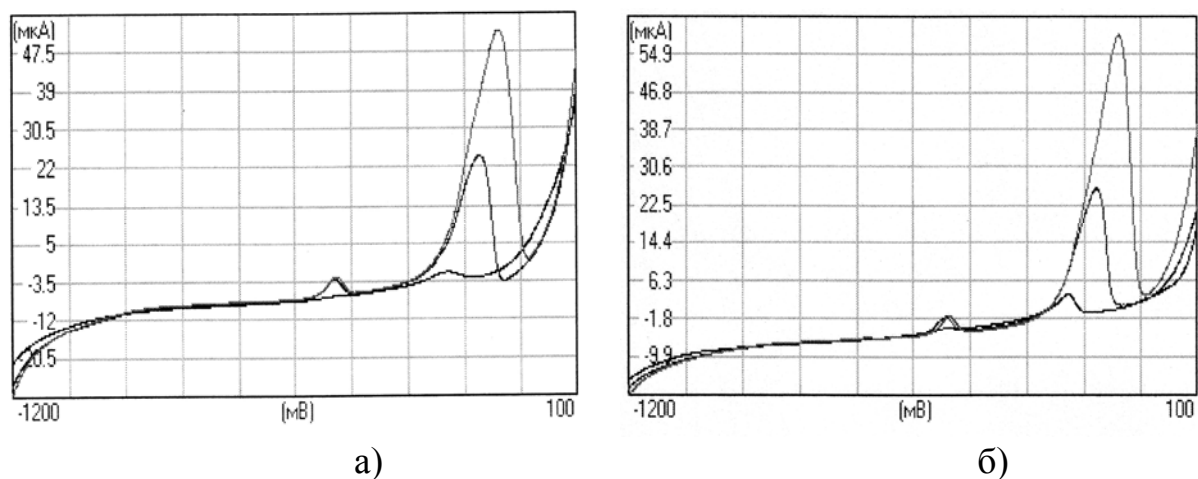


Рисунок 4. Вольтамперные кривые при концентрации активированного угля 5 г/дм³: а) в аэротенке; б) после биосорбции

На основе полученных графических зависимостей произведен расчет концентрации металлов в пробе.

О степени доочистки судили по результатам химического и вольтамперометрического анализа исходной и очищенной сточной воды. Полученные результаты приведены в таблице 2.

Во всех проведенных опытах наблюдается изъятие органических загрязнений. При сопоставлении степени очистки по химическим показателям в зависимости от дозы активированного угля более высокий эффект достигается при 5 г/дм³.

Таблица 2. Показатели степени доочистки сточной воды при биосорбции

Наименование ингредиента	Концентрация акт. угля, г/дм ³	Содержание ингредиента в аэротенке, мг/дм ³	ПДС	Содержание ингредиента после биосорбции, мг/дм ³	Эффект очистки, %
Аммиак	3	0,57	0,5	0,38	33
	5	4,72		0,035	99
Нитриты	3	0,021	0,08	0,01	52
	5	0,36		0,06	83
Фосфаты	3	1,03	0,724	0,69	33
	5	2,16		0,64	70
рН	3	8,57	6,5-8,5	8,5	-
	5	8,3		7,8	6
СПАВ	3	0,186	0,16	0,098	47
	5	0,29		0,12	59
Нитраты	3	25	15,96	14,8	41
	5	6,2		1,9	69
Железо	3	0,31	0,165	0,2	35,5
	5	0,27		0,11	59
Цветность	3	32	35	17	47
	5	28		9	68
Хлориды	3	235	249	235	-
	5	220		220	-
Медь	3	0,017	0,0052	0,0052	69
	5	0,019		0,0036	81
Кадмий	3	0,00016	0,001	0,0001	38
	5	0,000151		0,00000684	95,5
Свинец	3	0,00946	0,03	0,004	57
	5	0,00473		0,002	58

Выводы. Исследовано влияние активированного угля в качестве сорбента на степень доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод от органических и взвешенных веществ, тяжелых металлов, токсичных, биохимически неокисляемых соединений, различных примесей с высокой степенью дисперсности. Установлено, что при найденной оптимальной концентрации активированного угля 5 г/дм³ методом биосорбции из сточной воды извлекается 99 % аммония, 95 % кадмия, 83 % нитритов, 70 % фосфатов, 58 % свинца, 59 % железа, и очищенная таким способом вода соответствует нормам ПДС для водоемов рыбохозяйственного назначения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костовецкий Я.И., Омельянец Н.И., Толстомятова Г.В. Гигиена доочистки сточных вод. – К. : Здоровье, 1977. – 127 с.
2. Артамонов В.В., Вижевская Т.В. Технологические схемы очистки сточных вод. – К. : Будівельник, 1981. – 64 с.

3. Грулер И. Очистные сооружения малой канализации / Под ред. Шпицберга В.А. – М. : Стройиздат, 1980. – 200 с.
4. Технические записки по проблемам воды / [Барак К., Бебен Ж., Бернар Ж., Берне Ф. и др.]; под ред. Карюхина Т.А., Чурбанова И.Н. – М. : Стройиздат, 1983. – Т. 1. – 607 с.
5. Кичигин В.И. Исследование физико-химических характеристик поверхностного стока населенных пунктов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2002. – № 11 – С. 28.
6. Смирнов Д.Н., Генкин В.Е. Очистка сточных вод в процессах обработки металлов. – М. : Металлургия, 1989. – 223 с.
7. Когановский А.М., Клименко Н.А., Левченко Т.М., Рода И.Г. Адсорбция органических веществ из воды. – Л. : Химия, 1990. – 256 с.
8. Торочешников Н.С., Родионов А.И., Кельцев Н.В., Клушин В.Н. Техника защиты окружающей среды : учебное пособие для вузов. – М. : Химия, 1981. – 368 с.
9. Ильев Д.В., Салимова Н.А., Мустафаев С.А. Оценка природных сорбентов для очистки сточных вод цехов бытового обслуживания // Химия и технология воды. – 1984. – Т. 6, вып. 5 – С. 449.
10. Методика проведения технологического контроля работы очистных сооружений городских канализаций / [Вебер И.Ф., Островский А.М., Карапаев Б.И. и др.]; под ред. Болотина О.Т. – М. : Стройиздат, 1971. – 232 с.
11. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. – Л. : Химия, 1982. – 168 с.
12. Анализатор Вольтамперометрический АВА-3. Руководство по эксплуатации. – ООО «Галич», Киев, 2004.

АНАЛІЗ ДОСВІДУ ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ НА СУДНАХ

Горбов В.М., Мітенкова В.С.,

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова (м. Миколаїв)

Вступ. В останні десятиліття спостерігається активне впровадження на транспорті та в стаціонарній енергетиці альтернативних палив (АП) замість нафтових. Це обумовлюється декількома причинами: постійне посилення законодавчих вимог щодо викидів шкідливих речовин на міжнародному та місцевому рівнях; прагнення багатьох розвинених країн, що не мають достатньої кількості власних викопних палив, забезпечити свою енергетичну безпеку; поступове (а іноді і стрімке) збільшення вартості сирої нафти, як наслідок і палив з даної сировини; а також прогнози вчених щодо відносно невеликої кількості запасів нафти на планеті (у першу чергу, порівняно з обсягом запасів вугілля). Часткове заміщення важких та легких нафтових палив альтернативними відбувається і в судновій енергетиці.

Постановка задачі та актуальність дослідження. Аналіз існуючого досвіду експлуатації суднових енергетичних установок (СЕУ) на АП та проектів на майбутнє в даній сфері дасть змогу виділити типи альтернативних палив, придатних для застосування на суднах, з урахуванням специфічних особливостей цього виду транспорту, обґрунтувати першочергові причини впровадження нетрадиційних палив на флоті, виділити основні проблеми та перспективи, пов'язані з застосуванням. Це є актуальним питанням, оскільки на основі детального аналізу можна визначити особливості проектування та експлуатації СЕУ на АП.

Метою статті є аналіз досвіду застосування найбільш розповсюджених на сьогоднішній день альтернативних палив у СЕУ, визначення зміни характеристик СЕУ при роботі на АП порівняно з традиційними нафтовими паливами.

Результати досліджень. У багатьох статтях, наукових доповідях та звітах використання АП розглядається як один зі способів покращення екологічних характеристик суден відповідно до існуючих законодавчих вимог. Таким чином, у першу чергу, основною метою впровадження альтернативних палив є вирішення екологічних проблем. Емісія із морських суден складає до 14 % всієї емісії від викопних видів палив та 16 % всіх викидів сірки від нафтових продуктів, що спалюються. Вона становить у середньому 10,12 млн. т NO_x та 8,48 млн. т SO_x на рік, відповідно [1]. Окрім оксидів азоту та сірки до атмосфери потрапляють оксиди вуглецю, сажа, леткі органічні сполуки, вуглеводні та інші небезпечні для навколишнього середовища та людини викиди.

Міжнародна морська організація ІМО на світовому рівні ввела регулювальний режим, який обмежує вміст сірки в морських паливах.

Додаток VI до Конвенції МАРПОЛ 73/78 діє в міжнародних та територіальних водах та забороняє використовувати паливо із вмістом сірки більше 4,5 %, а в Районах Контролю Викидів SO_x (SECA) це значення не повинно перевищувати 1,5 %. Згідно з Директивою Європейського парламенту 2005/33/ЄС максимальний вміст сірки в паливах, що використовуються пасажирськими суднами на регулярних рейсах, коли вони знаходяться в територіальних водах ЄС, не повинен перевищувати 1,5 %, а з 1 січня 2010 року вміст сірки у всіх сортах морського палива, що використовується на судах причалів портів ЄС та у внутрішніх водах, не повинно перевищувати 0,1 % [2]. У Греції та Іспанії прийняті обмеження для суден, що знаходяться у їх прибережних територіях за вмістом сірки в паливі – не більше 0,2 % в газойлі та не більше 1 % у важкому паливі [3].

Припустимий рівень викидів оксидів азоту при роботі суднових дизелів регулюється «Технічним кодексом за контролем емісії оксидів азоту від суднових дизельних двигунів», Додаток VI до Конвенції МАРПОЛ 73/78 (так звані обмежувальні криві Tier I, II, III). Вимоги цих стандартів наведені в таблиці [4]. Існують і більш жорсткі місцеві вимоги (Каліфорнійські правила, обмеження урядів Швеції та Норвегії). Зокрема, в Норвегії в 2007 році було введено штраф за викиди оксидів азоту 2,5 USD/кг, передбачалося, що у 2008 році штраф буде подвоєно [5].

Таблиця. Обмеження викидів оксидів азоту Додатком VI Конвенції МАРПОЛ

Обмежувальні криві Tier	Рік введення в дію	Обмеження NO_x , г/(кВт*год), в залежності від частоти обертання дизелів, об/хв		
		$n < 130$	$130 \leq n < 2000$	$n \geq 2000$
Tier I	2000	17,0	$45 \cdot n^{-0,2}$	9,8
Tier II	2011	14,4	$44 \cdot n^{-0,23}$	7,7
Tier III*	2016	3,4	$9 \cdot n^{-0,2}$	1,96

* Стандарт буде діяти лише в Районах Контролю Викидів NO_x (NECA).

У 2012 році ІМО планує ввести до дії обмеження викидів «парникових» газів з суден (насамперед CO_2), так званий CO_2 -індекс для суден нової побудови [6]. Обговорюється можливість уведення обмеження і на інші групи викидів.

Іншими методами покращення екологічних характеристик суден, окрім використання АП, є такі: очищення вихідних газів двигунів за допомогою скрубберів та каталізаторів, удосконалення характеристик робочого процесу двигуна, використання нафтових палив із низьким вмістом сірки, при стоянці в порту подача енергії на судно із берегових джерел тощо. Кожний із цих методів має свої переваги і недоліки, вибір того чи іншого залежить від багатьох умов.

Альтернативні палива в СЕУ можна використовувати безпосередньо для спалювання в теплових двигунах та котлах або в якості джерела водню для паливних елементів. Можливість застосування різних видів альтернативних палив у СЕУ обумовлюється такими вимогами:

- фізико-хімічні показники палив (склад, в'язкість, теплота згоряння, цетанове число, вміст домішок і т. д.): чим ближчі ці показники АП до показників традиційних палив, які використовуються в СЕУ, тим менше доробок вимагає двигун і паливна система;

- організація бункерування: сировина для виробництва палива, об'єми промислового виробництва палива у світовому масштабі, розподіли підприємств з виробництва палив по всьому світу, організація доставки у порти;

- умови зберігання палива на судні: склад і масогабаритні показники паливної системи і апаратури, вимоги до обслуговування і ремонту, вибухонебезпечність, обмеження по застосуванню на окремих типах суден і в теплоенергетичному устаткуванні;

- екологічні характеристики: склад продуктів згоряння, дія на навколишнє середовище і здоров'я людей у разі витоків або випаровування;

- економічний ефект: витрати безпосередньо на паливо, на модернізацію існуючого або проектування нового устаткування паливної системи, вартість обслуговування та ремонту, міжремонтні ресурси і терміни служби устаткування, частина витрат на паливо в загальних експлуатаційних витратах на судно й енергетичну установку.

Сьогодні на судах використовуються водопаливні емульсії, зріджений нафтовий газ (ЗНГ), зріджений або стиснений природний газ (ЗПГ та СПГ), вугілля, водень, метанол (як джерело водню в паливних елементах), біодизель (БД) [7]. Найбільш перспективною реальною альтернативою традиційним судновим паливам є БД та ЗПГ.

Окрім газозовів, на ЗПГ сьогодні експлуатуються судна берегової охорони, судна для обслуговування газодобувних платформ, серія поромів для перевезення автомобілів та пасажирів, пасажирські судна, судна типу Ro-Ro та RoPax, катамарани, буксири, військові судна, багатофункціональне вантажне судно тощо. Природний газ у СЕУ найчастіше використовують у зрідженому вигляді на судах, але є приклади використання і СПГ. При використанні ЗПГ на судах застосовуються газодизельні двигуни (ГДД) фірм MAN B&W Diesel або Wartsila, або чисто газові двигуни, які виробляються фірмою Rolls-Royce.

На сьогоднішній день найбільший «газовий» флот у Норвегії (маються на увазі судна, де ЗПГ не перевозиться, але використовується як паливо). Це пов'язано з тим, що Норвегія володіє власними значними запасами природного газу, і не має проблем із бункеруванням, окрім того частина узбережжя цієї країни омивається Північним морем, недалеко знаходиться Балтійське, які належать до зони SECAs, а природний газ, як відомо, майже не містить сірки.

При використанні ЗПГ на судні принципово змінюється склад та конфігурація паливних систем (ПС) СЕУ. До складу ПС СЕУ для зрідженого природного газу входять приймальний кріогенний трубопровід, бункерувальний пристрій, насос подачі палива до цистерн, вмістища для зберігання ЗПГ, регазифікаційна частина (один або декілька теплообмінників чи електричних нагрівачів для випаровування та підігріву природного газу (ПГ)), інше обладнання (фільтри, пристрої розподілу палива по споживачам, буферні цистерни тощо) [8].

При ескізному проектуванні ПС СЕУ ЗПГ вирішуються наступні завдання:

- визначення маси запасів газового палива та графіку витрати його протягом рейсу;
- визначення тиску зберігання ЗПГ;
- обираються кількість, матеріал, габаритні параметри, тип ізоляції та коефіцієнт заповнення паливних цистерн (ПЦ), розраховуються інші їх характеристики;
- проводяться гідравлічні розрахунки приймального трубопроводу, підбирається кріогенний насос;
- добирається обладнання для регазифікації ЗПГ: тип та основні параметри випарників та підігрівників, розраховується площа поверхні теплообмінників, витрата теплоносіїв, необхідна електрична потужність (при застосуванні електричних підігрівачів);
- добирається інше обладнання паливних систем (арматура, фільтри, буферні цистерни тощо), розробляється принципова схема системи;
- визначається схема розташування основного обладнання паливних систем ЗПГ (в першу чергу кріогенних цистерн) на судні.

ЗПГ – це альтернатива як дизельним, так і важким нафтовим паливам (ВП). Його можна використовувати і в головних двигунах і в дизель-генераторах. Перспективним сегментом суден для використання ЗПГ є відносно невеликі судна з рейсовими лініями, які пролягають переважно в районах із жорсткими екологічними обмеженнями, де є можливість бункерування ЗПГ. Вимоги щодо обмежень за розмірами пов'язані з відносно невеликою максимальною встановленою потужністю ГДД порівняно з дизельними МОД.

При використанні ЗПГ виникає проблема здійснення бункерування, оскільки далеко не у всіх портах є наявності термінали з ЗПГ. Іншим суттєвим недоліком використання ЗПГ на судні є значне збільшення масогабаритних показників паливних цистерн. Хоча теплота згоряння ЗПГ вища, ніж у нафтових палив, і потрібна менша (на 7-10 %) кількість палива [9], за рахунок значної маси паливних двокорпусних цистерн, яка у порожньому вигляді може становити до 80 % від маси вмістищ з паливом, маса СЕУ на ЗПГ є більшою за масу СЕУ, яка використовує рідке паливо [10]. Капітальні вкладення у будівництво суден із СЕУ, придатною для експлуатації на природному газі, можуть зростати до 30 % порівняно з

використанням ВП. Основні статті витрат, які зростають, це вартість ГДД та паливної системи ЗПГ.

У той же час при використанні природного газу значно зменшуються викиди шкідливих речовин у вихідних газах (сірка майже відсутня), річні експлуатаційні витрати зменшуються, оскільки вартість ЗПГ менша, ніж у нафтових палив. Природний газ є більш безпечним паливом, ніж нафтові, оскільки його температура спалаху не нижча 135°C, температура самозаймання 537 °C, що значно вище за аналогічні значення для дизельного та важкого палив. При зберіганні газу в зрідженому стані при дуже низьких температурах ймовірність самозаймання майже відсутня.

БД у чистому вигляді або як суміш у різних пропорціях із дизельним паливом (ДП) використовують на невеликих та середніх суднах прибережного або внутрішнього району плавання (пороми, пасажирські, круїзні, риболовецькі, дослідницькі судна, поліцейські катери та судна берегової охорони, яхти). У Франції біодизель використовують як добавку в кількості 30 % до палива для допоміжних суден військово-морського флоту, є проект використання сумішевих палив і для військових кораблів у Великій Британії. У США та Канаді на водному транспорті широко застосовується паливо B20 (суміш дизельного палива та біодизелю в пропорції 80:20). У Новій Зеландії було побудоване судно «Earthrace», що працює лише на біопаливі. На біодизельному паливі та його сумішах працюють двигуни таких виробників, як Cummins, Caterpillar, Wartsila, MAN B&W Diesel, John Deere. Урядом Канади був успішно реалізований проект із використання чистого біопалива та його сумішей з дизельними паливами на круїзних суднах у Квебеку. Дослідження, проведені під час реалізації проекту, підтвердили можливість ефективної експлуатації суден на біодизельних паливах та їх сумішах [11].

Біодизельні палива можна розглядати як альтернативу морським легким нафтовим паливам, причому для тих випадків, коли ДП є основним типом палива. Порівнювати БД із важкими паливами недоцільно, оскільки це однозначний програш БД за ціною, та обсяг виробництва біопалив у світі не є настільки значним, щоб конкурувати з цими паливами. Перспективним сегментом флоту, де можливо застосування біодизелю та його сумішей, є невеликі судна прибережного, змішаного та внутрішнього районів плавання з СОД або ВОД, з дизель-механічними та дизель-електричними передачами та водометними рушіями.

Біодизель за своїми фізико-хімічними якостями досить близький до звичайного дизельного палива. Тому основними задачами визначення раціональних параметрів обладнання паливних систем СЕУ при використанні БД є виділення основних характеристик паливних систем; визначення зміни даних характеристик у випадках використання в системах B100 (чистого біодизелю) з різної сировини, різних зразків B100, сумішей з низьким вмістом БД (до 20 %), сумішей з вмістом БД від 20 до 100 %;

надання рекомендацій щодо визначення характеристик універсальних та двопаливних паливних систем.

Біодизель не є таким паливом, використання якого потребує кардинальної зміни СЕУ. При порівнянні ДП, БД та їх сумішей вид та склад пропульсивної установки, тип двигуна, загальна структурна схема паливної системи не змінюються. Можливі наступні варіанти при використанні БД порівняно із ДП:

- змінюється модель двигуна на таку, виробники якої рекомендують застосовувати біодизель (Caterpillar, John Deer, Cummins та інші);
- на судні передбачається одна універсальна паливна система, придатна для обох палив, або дві системи зі взаємним резервуванням основного обладнання та можливістю приготування паливних сумішей на борту судна;
- двигун працює на В100 протягом рейсу увесь час або частково, використовуються суміші із різним вмістом БД (зазвичай 5-50 %);
- наявне або відсутнє додаткове обладнання для очищення вихідних газів двигунів;
- використовуються біодизельні палива з різної сировини, які відрізняються фізико-хімічними характеристиками та вартістю.

При використанні БД зростає питома витрата палива на двигун порівняно із ДП, відповідно зростає маса та об'єм паливних запасів. Вартість біодизелю вища за вартість ДП, для її зниження уряди ряду країн ввели пільги виробникам та дистриб'юторам біодизельних палив. Концентрація викидів оксидів азоту може збільшуватися до 10 %.

У той же час, значно зменшується вміст інших токсичних компонентів, майже повністю відсутня сірка. Мастильні якості БД кращі, ніж у дизельних палив (особливо ДП із низьким вмістом сірки). Температура спалаху біодизельного палива може в залежності від первинної сировини досягати 180–200 °С. Разом із тим, значення цієї характеристики для ДП у середньому лише 58–64 °С. Температура самозаймання ДП – 230–300 °С (літнє), В100 – 300–350 °С. Таким чином, за температурами спалаху та самозаймання В100 є більш безпечним паливом.

Висновки. Застосування АП у суднових енергетичних установках дасть змогу знизити залежність від нафтових палив та підвищити екологічну безпеку суден. Альтернативні палива в судновій енергетиці (при умові вирішення проблем, пов'язаних із бункеруванням, зберіганням палив та внесенням необхідних змін у конструкцію теплових двигунів і паливних систем) – це не майбутнє, а реальне сьогодення. У перспективі – збільшення обсягів споживання цих палив і поступова заміна ними нафтових палив, що традиційно використовують на судах.

Зріджений природний газ та біодизельні палива є на сьогоднішній день найбільш перспективною альтернативою важким та легким нафтовим паливам. За рядом показників вони програють традиційним паливам із нафти, але інші показники кращі. У ряді випадків значне покращення екологічних характеристик суден може компенсувати погіршення масогабаритних,

економічних та інших показників СЕУ. Для остаточного обґрунтування типу палива потрібно провести комплексну оцінку ефективності застосування альтернативних палив або докладні техніко-економічні розрахунки обраних варіантів (у залежності від наявної інформації щодо експлуатації суден або окремих основних елементів СЕУ).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фиделис В. Судовые двигатели и экология // Судостроение. – 2001. – № 5. – С. 29.
2. Возницкий В.В. Практика использования морских топлив на судах. – Библиотека судового механика. – Санкт-Петербург, 2006. – 124 с.
3. Trozzi C., Vaccaro R. Methodologies for estimating future air pollutant emissions from ships: Technical report / Contract N° ST-96-SC.204. – Rome, 1998. – 32 p.
4. Controlling emissions in two-stroke marine diesel // MER. – 2008. – November. – P. 16–21.
5. New legal driver for emission monitoring // The Naval Architect. – 2007. – September. – P. 18.
6. Mandatory CO₂ Index takes step closer // Shipping World & Shipbuilder. – 2008. – July/August. – P. 8.
7. Горбов В.М., Мітенкова В.С. Застосування альтернативних палив у СЕУ : стан та перспективи // Суднова енергетика : стан та проблеми : Матеріали III міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів, науковців та фахівців. – Миколаїв : НУК, 2007. – С. 6–13.
8. Горбов В.М., Митенкова В.С. Особенности топливных систем СЭУ на природном газе // Авиационно-космическая техника и технология. – 2008. – № 7(54). – С. 20–24.
9. Горбов В.М., Мітенкова В.С. Обґрунтування вибору типу палива для СЕУ на стадії ескізного проектування // Збірник наукових праць НУК. – 2008. – № 1. – С. 113–118.
10. Горбов В.М., Мітенкова В.С. Визначення раціональних характеристик паливних цистерн зрідженого природного газу для СЕУ // Збірник наукових праць НУК. – 2008. – № 6. – С. 81–85.
11. BioMer: Biodiesel demonstration and Assessment for tour boats in the Old Port of Montreal and Lacine Canal National Historic Site. Final report. – Québec. – 2005. – 67 p.

ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА СУДОВЫХ СРЕДНЕОБОРОТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫМ КОМПЛЕКСОМ D4.0H

*Ивановский В.Г., Варбанец Р.А.,
Одесский национальный морской университет*

Введение. Среднеоборотные дизеля (СОД) получили широкое распространение на судах морского флота благодаря ряду их достоинств по сравнению с малооборотными дизелями (МОД): большей удельной мощности, меньшим габаритам, массе и требованиям к размерам машинного отделения; большей живучести судна благодаря наличию 2-4 двигателей; облегченной организации агрегатного ремонта.

Актуальность темы. По сравнению с малооборотными дизелями СОД присущи: меньший моторесурс; больший удельный эффективный расход топлива; больший риск и трудоемкость использования тяжелых топлив; усложнение установки и понижение к.п.д. передачи мощности на винт из-за наличия редуктора и специальных муфт; повышенная вибрация и шумность в работе; большие затраты на техническую эксплуатацию.

Современные СОД эксплуатируются при более высоких параметрах механической и тепловой напряженности по сравнению с МОД. Например, на некоторых моделях СОД максимальное давление сгорания P_z на номинальном режиме доходит до 250 бар (максимум 180 у МОД), температура выпускных газов – до 500°C и более (250–300°C у МОД), давление надувочного воздуха – до 4 бар и более (до 3 бар у МОД) [1].

Вследствие этих причин эффективность эксплуатации большинства судовых СОД существенно зависит от качества работы и технического состояния топливной аппаратуры (ТА) и механизма газораспределения (МГР), контроль состояния которых безусловно является одной из основных эксплуатационных задач.

Постановка проблемы. Базовым диагностическим параметром, определяемым всеми системами мониторинга рабочего процесса, является давление газов в цилиндре $P(\varphi)$. Эту величину в большинстве случаев определяют с помощью специальных датчиков давления, устанавливаемых на индикаторный кран [2]. В некоторых системах применяются стационарные встроенные датчики давления с большим моторесурсом, рассчитанным на весь период эксплуатации двигателя. Наиболее известные из стационарно устанавливаемых датчиков – это: пьезокварцевые датчики фирмы Kistler [3], оптические датчики фирмы Optrand [4], магнитострикционные датчики ABB [5].

Параметры работы топливной аппаратуры определяются с помощью специальных датчиков, рассчитанных на высокие импульсные давления (до

2000 бар и более), и клапанов, встраиваемых в систему высокого давления и предназначенных для отключения датчиков в случае их разгерметизации [6]. Поскольку использование нештатной измерительной аппаратуры в топливной системе высокого давления является дорогостоящим и рискованным мероприятием (в случае разгерметизации и распыливания топлива создается пожароопасная ситуация), актуальным является метод виброакустического анализа, применяемый в системе DEPAS D4.0H. С помощью вибродатчика VS-20m фиксируются геометрические и действительные фазы топливоподачи, а также характер движения иглы форсунки, что особенно важно для определения технического состояния, как самой форсунки, так и топливной аппаратуры высокого давления в целом.

Параметры работы механизма газораспределения во время работы двигателя не определяются ни одной из известных диагностических систем. В данном случае, использование в системах D4.0H методов виброакустического анализа позволяет определять фазы газораспределения по виброимпульсам при закрытии клапанов и производить оценку их технического состояния по форме вибродиаграмм.

В большинстве моделей СОД, вследствие близких расстояний между клапанами и форсункой, запись вибродиаграмм с одной контрольной точки (торец форсунки) позволяет определять одновременно действительные параметры топливоподачи и газораспределения, что является еще одной отличительной особенностью систем D4.0H (рис. 1).

Основные характеристики системы D4.0H

Модуль реального времени системы D4.0H предназначен для непосредственной записи данных рабочего процесса и предварительного расчета 3-х ключевых параметров (тактность двигателя определяется автоматически):

- $P_z(P_{max})$ – максимальное давление сгорания в цилиндре (среднее, минимальное и максимальное значения за несколько рабочих циклов);
- RPM – частота вращения коленчатого вала дизеля;
- P_t – среднее давление в цилиндре.

Автоматическое определение тактности двигателя позволяет проводить мониторинг без предварительной настройки на тип дизеля. Данные индицирования отдельных цилиндров передаются из модуля D4.0H в компьютер по интерфейсу RS-232 со скоростью 115200 б/с.

Программное обеспечение производит расчет следующих параметров:

- Среднее индикаторное давление $P_i \backslash \backslash \backslash MIP$.
- Индикаторная мощность цилиндра $N_i \backslash \backslash P_i$.
- Частота вращения коленчатого вала RPM .
- Максимальное давление сгорания в цилиндре $p_z, p_z^{\min}, p_z^{\max} (\varphi p_z) \backslash \backslash p_{\max}, p_{\max}^{\min}, p_{\max}^{\max} (\varphi p_{\max})$.
- Максимальное давление сжатия P_{comp} .
- Давление на линии расширения (36° после ВМТ) P_{exp} .

- Максимальная скорость повышения давления $v_m = \frac{\Delta p}{\Delta \varphi}$.
- Степень повышения давления $\lambda = \frac{P_{\max}}{P_{\text{comp}}}$.
- Давление в начале сгорания $p'_c(\varphi P'_c)$.
- Действительные и геометрические фазы топливоподачи $\alpha, \alpha^G, \varphi_{\text{INJ}}, \varphi_{\text{INJ}}^G$.
- Период и угол задержки самовоспламенения топлива $\tau_D, \varphi \tau_D$.
- Фазы газораспределения $\varphi_{\text{in}}^{\text{op}}, \varphi_{\text{in}}^{\text{cls}}, \varphi_{\text{exh}}^{\text{cls}}, \varphi_{\text{exh}}^{\text{op}}$.
- Анализ технического состояния ТА и МГР.
- Давление в любой точке диаграммы p_x .
- Данные спектрального-FFT анализа (опция).

	<u>Датчик давления газов PS-16</u> Диапазон измерения: 0-220 bar; конденсаторного типа, неохлаждаемый рабочая температура поверхности корпуса: до 350°C Макс. погрешность: <= 1.5% Вес: 0.42 kg Устанавливается на стандартный индикаторный кран, W27x1/10 <u>Вибродатчик VS-20</u> Частотный диапазон: 0.1 ÷ 18 kHz Полоса пропускания фильтра: 1.0 KHz Макс. рабочая температура: до 90°C Датчик имеет магнитную основу <u>Модуль реального времени D4.0H</u> На базе процессора RCM2000, 128 kb RAM, 256 kb flash, 25 MHz; ПО: Dynamic C, Assembler АЦП AD7888 – 125 kHz, 12 bit, 8 ch.; автоматическое определение тактности дизеля; контрастный дисплей; управление одной кнопкой; RS-232 интерфейс, скорость передачи 115200 б/с; Время автономной работы ~ 10 часов; Габариты: 130 x 80 x 40 мм; вес ~ 0.45 кг Питание: 6VDC (4 x A1)
---	---

Рисунок 1. Технические характеристики системы D4.0H

Характеристики программного обеспечения:

- 1) $P(\varphi), P(V)$ – индикаторные диаграммы;
- 2) $dP/d\varphi$ – диаграммы производных (угловая скорость изменения давления газов в цилиндре);
- 3) вибродиаграммы $vib(\varphi)$ – для анализа фаз топливоподачи, газораспределения и оценки технического состояния топливной аппаратуры и механизма газораспределения;
- 4) сводные диаграммы, сводные бар-диаграммы, сводная таблица основных расчетных параметров;
- 5) расчетный метод определения ВМТ цилиндра (PLS-алгоритм);
- 6) отчет по рабочему процессу в каждом цилиндре и сводный отчет по двигателю;
- 7) Windows XP/98, оптимальное разрешение экрана 1280 x 1024 точек.

Синхронизация данных в системе D4.0H

Определение ВМТ, НМТ и последующая синхронизация данных производится расчетным путем, с помощью PLS-алгоритма «бесфазовой синхронизации». Первая версия PLS-алгоритма была разработана в 1994 г. для переносных систем DEPAS 2.34. К настоящему времени он существенно модифицирован и прошел тщательное тестирование на двигателях МОД, СОД и ВОД. Коррекция расчетного значения ВМТ производится исходя из того, что при отсутствии сгорания в цилиндре скорость изменения давления в ВМТ равна нулю [7]:

$$\frac{dP_{comp}}{d\varphi_{ВМТ}} = -P_a V_a^{n_1} n_1 \frac{1}{V_\varphi^{n_1+1}} * \frac{dV_\varphi}{d\varphi} = 0,$$

где P_a, V_a – давление и объем в начале сжатия; n_1 – показатель политропы сжатия.

Благодаря использованию PLS-алгоритма мониторинг рабочего процесса проводится без установки синхронизирующих датчиков на маховике двигателя, что делает систему D4.0H универсальной – готовой к использованию на любом двигателе без его предварительной подготовки. Кроме преимуществ системы, связанных с возможностью оперативного мониторинга, PLS-алгоритм обладает следующими важными свойствами:

- PLS-алгоритм автоматически учитывает скручивания коленчатого вала на нагруженном двигателе;
- PLS-алгоритм автоматически учитывает возможные несоответствия между истинным положением ВМТ и отметкой на маховике, которое может возникнуть вследствие неточной маркировки;
- PLS-алгоритм автоматически учитывает смещение ВМТ во время эксплуатации вследствие влияния зазоров в деталях КШМ и других эксплуатационных факторов;

- PLS-алгоритм автоматически учитывает влияние конечной скорости прохождения волны давления в канале индикаторного крана (от камеры сгорания до мембраны датчика давления);
- PLS-алгоритм дает возможность производить мониторинг рабочего процесса без предварительной подготовки двигателя (во время работы с системами мониторинга, использующими аппаратную синхронизацию, наиболее трудоемкая и длительная часть подготовки системы к работе – установка фазового датчика и маркировка маховика);
- отсутствуют временные и финансовые затраты на установку датчиков (применение PLS-алгоритма позволяет производить индицирование дизеля непосредственно в процессе его эксплуатации, без специальной подготовки, которая необходима при аппаратной синхронизации данных).

Лабораторные тестирования и практические испытания систем DEPAS показали, что точность синхронизации при использовании PLS-алгоритма соответствует точности аппаратной синхронизации для первого от маховика цилиндра. Максимальная абсолютная фазовая погрешность определения ВМТ, НМТ и в целом синхронизации не превышает 0.5°ПКВ , что дает возможность максимально точно рассчитывать среднее индикаторное давление и индикаторную мощность цилиндра во время эксплуатации. Неучет вышеперечисленных факторов приводит к погрешности аппаратной синхронизации на дальних от маховика цилиндрах до 1.5°ПКВ .

Фазы топливоподачи и газораспределения, а также техническое состояние ТА и МГР определяются с помощью контактного вибродатчика VS-20. Датчик имеет магнитную основу и прочно фиксируется в местах контактов. Определение указанных параметров происходит без непосредственного внедрения в топливную аппаратуру высокого давления и специальных креплений к МГР.

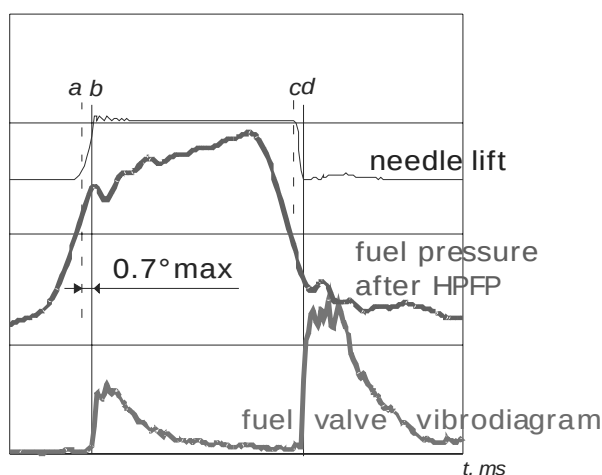


Рисунок 2. Диаграммы впрыскивания топлива форсункой СОД

Использование вибродатчика в системе поясняется рисунком 2: верхняя диаграмма – ‘*needle lift*’ – перемещение иглы форсунки во время впрыска топлива; средняя диаграмма – ‘*fuel pressure*’ – давление топлива за ТНВД; нижняя диаграмма – ‘*fuel valve vibrodiagram*’ – преобразованная вибродиаграмма торца форсунки. Фазы впрыска топлива (начало, соответствующее подъему иглы и окончание, соответствующее посадке – по верхней диаграмме) совпадают с передними фронтами виброимпульсов на нижней вибродиаграмме.

Анализ вибродиаграмм дает возможность оценить фазы топливоподачи с помощью контактного вибродатчика, без препарирования форсунки и без внедрения специальных датчиков в систему высокого давления. Кроме того, форма виброимпульсов отражает техническое состояние форсунки и всей топливной аппаратуры высокого давления в целом. При нормальном техническом состоянии ТА форсунка генерирует два импульса (в начале и в конце впрыска) с четко выраженными передними фронтами (рис. 3). В случае установки вибродатчика на торец форсунки, фазовое расстояние от переднего фронта до ВМТ характеризует действительный угол опережения впрыска топлива. При установке вибродатчика на заглушку, напротив отсечного окна ТНВД, фазовое расстояние от переднего фронта виброимпульса до ВМТ характеризует геометрический угол начала подачи топлива ТНВД (угол, определяемый по «мениску»).

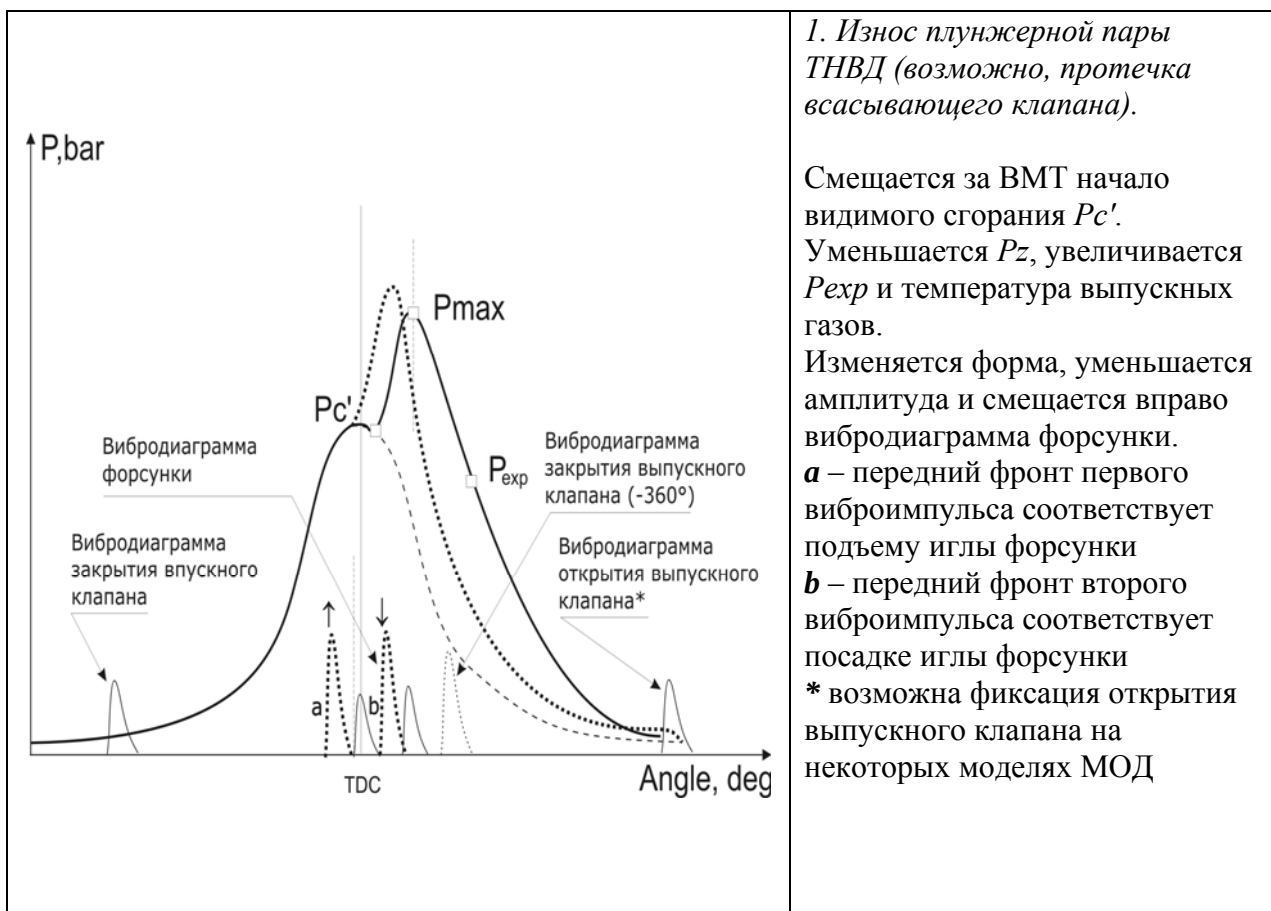
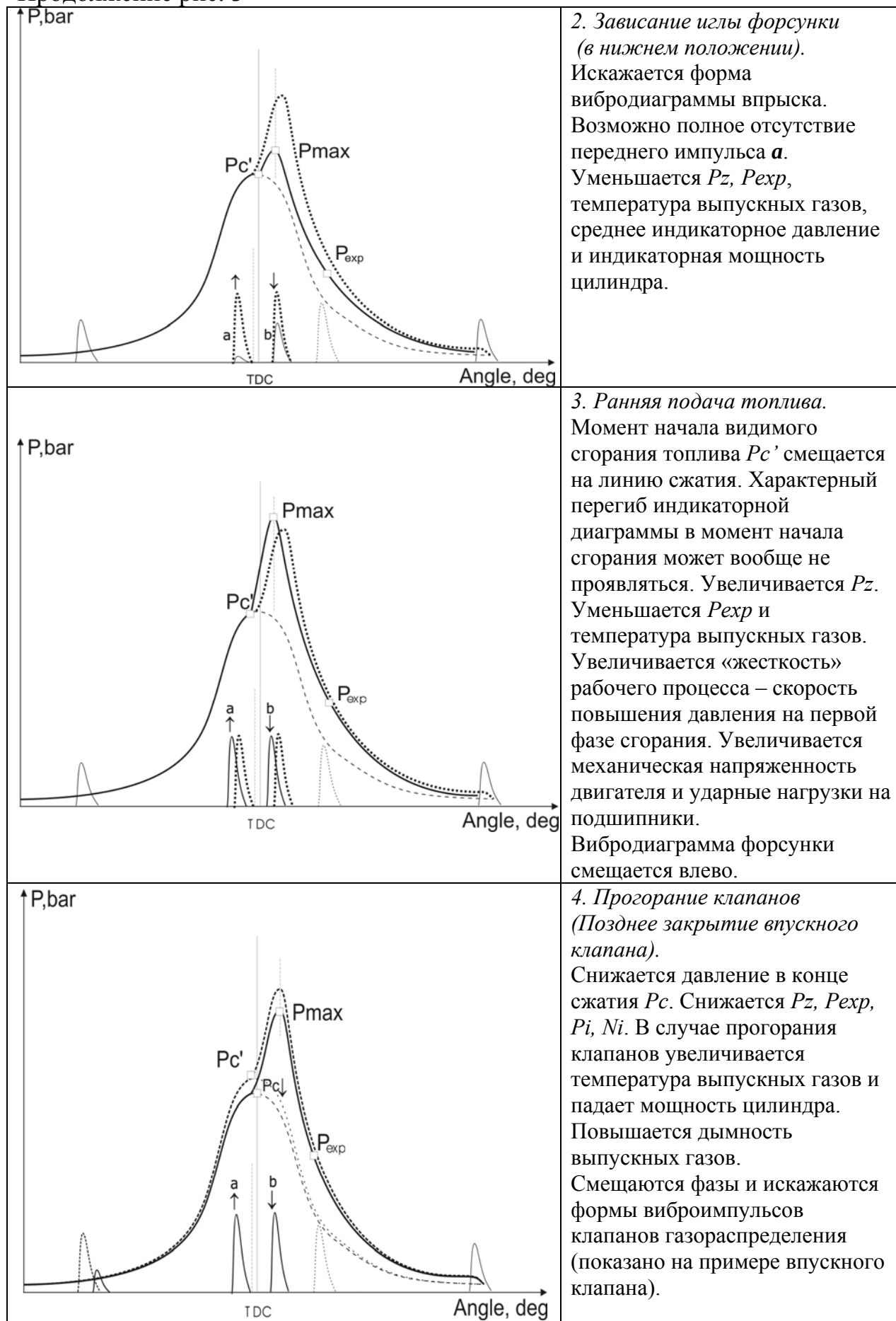


Рисунок 3. Примеры нескольких характерных дефектов в отчетах системы D4.0H

Продолжение рис. 3



Выводы. Использование программно-аппаратного комплекса D4.0H при эксплуатации СОД дает возможность получить следующие преимущества:

- увеличить экономичность рабочего процесса, за счет точной регулировки топливной аппаратуры и механизма газораспределения;
- увеличить межремонтный период и сократить затраты на техническое обслуживание, за счет расчета и равномерного распределения нагрузки между цилиндрами;
- исключить риск возникновения аварийных ситуаций и существенно поднять уровень технического обслуживания ЭУ, благодаря своевременному мониторингу и контролю рабочего процесса;
- сократить затраты на эксплуатацию ЭУ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов В.С. Современные проблемы теории судовых дизелей (рабочий процесс и теплопередача) / В.С.Семенов. – М. : В/О «Мортехинформреклама», 1991. – 112 с.
2. Варбанец Р.А. Стационарные системы диагностики рабочего процесса судовых дизелей NK-100, Kuma Diesel Analyzer / Р.А.Варбанец, В.Г.Ивановский. – Проблемы техники : научно-технический журнал. Хмельницкий национальный университет, 2006. – № 1. – С. 91–102.
3. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.kistler.ch>.
4. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.optrand.com>.
5. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.abb.com/pressductor>.
6. Ивановский В.Г. Применение виброакустического метода для анализа топливоподачи дизеля в эксплуатации / В.Г.Ивановский, Р.А.Варбанец. – Вестник Одесского национального морского университета, 1998. – № 1. – С. 131–134.
7. Варбанец Р.А. Синхронизация данных при индицировании СДВС / Р.А.Варбанец // Сборник научных трудов Севастопольского ВМИ им. П.С.Нахимова. – Севастополь, 2005. – № 2 (8). – С. 255–259.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ МОРСКИХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

*Федоровский К.Ю., Ениватов В.В.,
Севастопольский национальный технический университет*

Введение. В современном судостроении необходимость повышения экологической безопасности и надежности судовых энергетических установок (СЭУ) требует совершенствования всех элементов, включая систему охлаждения. Как известно, широко используемые разомкнутые системы охлаждения оказывают существенный экологический ущерб морским организмам.

По данным исследований Института биологии южных морей НАН Украины, при прохождении морской воды через охлаждательные системы, под действием теплового и механического факторов гибнет 25 % планктона. Ежесуточное перекачивание только 10 тыс. тонн воды приводит к истреблению только за три летних месяца более 7 млн. икринок, что соответствует более чем 200 т. потенциальной рыбной массы [3]. Кроме того, известно, что нагретые воды по своему отрицательному воздействию на водные организмы занимают девятое место в ряду других вредных воздействий.

Повысить надежность, эффективность и экологическую безопасность систем охлаждения позволяет переход на замкнутые схемы, исключая прием забортной охлаждающей воды. В зависимости от конкретного типа судна, теплоотвод в замкнутых системах охлаждения (ЗСО) может осуществляться с помощью судовых обшивочных теплообменных аппаратов (СОТОА) или же посредством выносных тепловых аппаратов. СОТОА представляет собой лабиринтный канал, выполненный на внутренней стороне судовой обшивки (рис. 1.а). Теплообменный аппарат может быть размещен на различных частях обшивки корпуса судна, а это предусматривает не только вертикальное расположение, но и его наклон под различными углами (рис. 1.б).

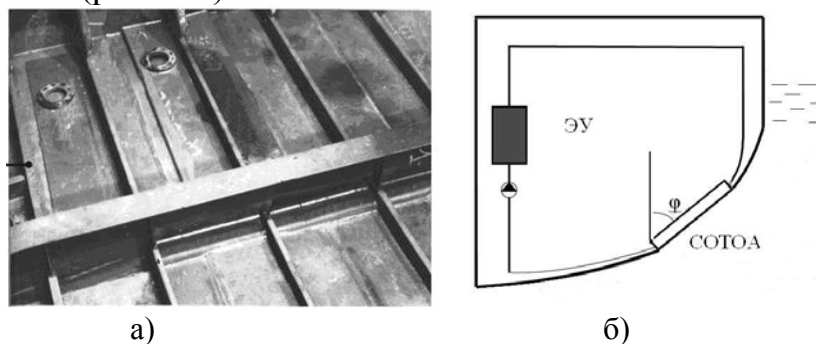


Рисунок 1. Судовой обшивочный теплообменный аппарат: а) установленные на борту судна СОТОА; б) расположение СОТОА на корпусе судна.

Постановка задачі. Проведенные ранее исследования [2], позволили определить необходимые зависимости для расчета передачи теплоты через обшивку корпуса судна в случае нахождения судна в неподвижной забортной воде или во время его движения. Для определения требуемой площади СОТОА используется наихудший режим работы, связанный со стоянкой судна, при котором теплоотдача к забортной воде осуществляется посредством свободной конвекции. При этом необходимые площади теплоотдачи оказываются значительными. В таких условиях возникает необходимость интенсификации теплоотдачи. Эта задача может быть решена путем подачи со стороны забортной воды воздуха, который формирует газожидкостную струю. Подобный метод интенсификации для вертикального борта судна позволил в 15-20 раз увеличить теплоотдачу, а, следовательно, существенно уменьшить площадь теплообменного аппарата [2].

Исследования [2] показали, что с увеличением угла наклона φ интенсивность теплоотдачи при свободной конвекции существенно уменьшается. Так, например, при температурном напоре 45°C и угле наклона φ равным 0° коэффициент теплоотдачи α равен $800 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{K}$, при угле наклона φ равным 60° коэффициент теплоотдачи α уменьшается до $580 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{K}$. Таким образом, необходимость интенсификации теплоотдачи в случае наклона поверхности СОТОА увеличивается.

Цель работы – исследование особенностей процесса формирования газовых пузырей и процесса течения газожидкостных струй в случае наклона теплообменной поверхности СОТОА, а также оценка эффективности газожидкостной интенсификации теплоотдачи от судовой обшивки к забортной воде.

Изложение основного материала. Для проведения визуальных исследований течения жидкости в теплообменных аппаратах при таких условиях, была создана специальная экспериментальная установка, с прозрачной стенкой высотой 1 м и шириной 0,5 м.

Первоначально исследовался процесс формирования и движения одиночного пузыря в воде с использованием точечного источника газа. Наблюдения производились в направлении нормали к наклоненной поверхности. В частности, на рисунке 2.а и 2.б изображены газовые пузыри, сформированные при наклоне пластины на угол φ равный 45° и различных давлениях воздуха на выходе из точечного источника газа. В ходе исследования выявлено, что пузыри малого диаметра двигаются прямолинейно вдоль поверхности, касаясь ее, и тем самым, разрушая пристенный пограничный слой. У пузырей большего диаметра $d > 5 \text{ мм}$ (рисунок 2.б) возникают поперечные пульсаций, которые приводят к более интенсивному разрушению пристенного пограничного слоя.

При угле наклона $\varphi = 0^\circ$ для пузырьков с эквивалентным диаметром равным 5 мм скорость движения вдоль поверхности пластины равна $0,34 \text{ м/с}$, а при угле наклона $\varphi = 65^\circ$ скорость равна $0,28 \text{ м/с}$. Это сравнительно высокая скорость, что позволяет ожидать достаточно высокую эффективность теплоотдачи.

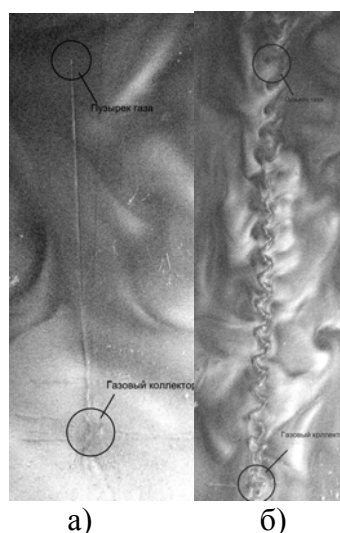


Рисунок 2. Характер движения одиночного пузырька вдоль наклонной поверхности при различных диаметрах: а) диаметр пузырька $d \approx 1$ мм; б) диаметр пузырька $d \approx 8$ мм

Проведенные исследования показали, что при газожидкостной интенсификации, в случае наклоненной теплоотводящей поверхности, подаваемый воздух приводит к мощной турбулизации жидкости и разрушению пристенного пограничного слоя. Также выявлено, что с увеличением угла наклона поверхности уменьшается угол раскрытия газовой струи. Пузыри воздуха в большей степени прижимаются к наклонной поверхности, оттесняя воду. Это может оказывать отрицательный эффект на теплоотдачу. На рисунке 3 представлены результаты визуальных исследований движения газожидкостной струи вдоль теплоотдающей поверхности, при различной ее ориентации относительно вертикального положения.

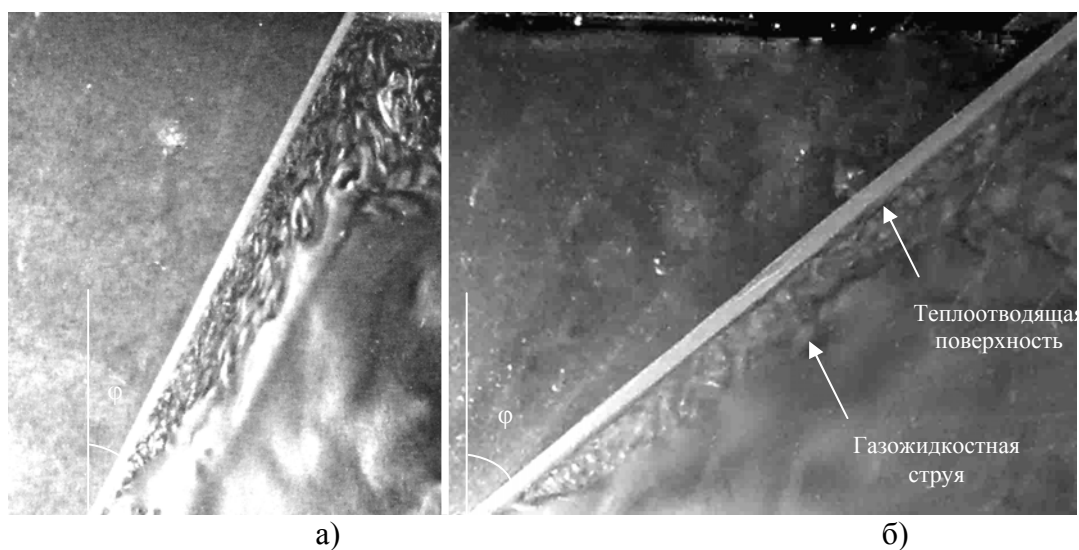


Рисунок 3. Визуальные исследования движения газовых пузырей:
а) движение газовой струи угол наклона пластины $\varphi = 30^\circ$; б) угол наклона пластины $\varphi = 45^\circ$

На рисунке 4 линия 1 соответствует достигнутому улучшению теплоотдачи ($\alpha_z/\alpha_{ск}$) для вертикальной поверхности [1]. Так, при малых температурных напорах Δt , что соответствует эксплуатации судна в экваториальных широтах с высокой температурой заборной охлаждающей воды, газожидкостная интенсификация значительно увеличивает теплоотдачу. Необходимо оценить этот показатель для поверхности, наклоненной под углом $\varphi=65^\circ$. С этой целью воспользуемся представленной в работе [1] зависимостью, позволяющей описать число Нуссельта:

$$Nu^* = 0,19 \cdot Pr_{жс}^{0,33} \left(\frac{\mu_{жс}}{\mu_c} \right)^{0,14} \cdot V_{жс}^{0,73}, \quad (1)$$

где $V_{жс}$ – скорость движения жидкости, увлекаемой газовой струей, м/с.

Проведенные Х. Кобусом [4] расчеты и экспериментальные исследования показали, что разность между скоростью всплывающих пузырей и увлекаемой жидкостью составляет 0,2...0,3 м/с. Это позволяет нам использовать полученные результаты скорости движения пузырей для оценки числа Нуссельта применительно к наклоненной поверхности. Приняв все остальные показатели в (1) одинаковыми, в конечном счете, определим искомое соотношение коэффициента теплоотдачи $\alpha_z/\alpha_{ск}$ в зависимости от температурного напора Δt . Результаты соответствующих расчетов представлены на рисунке 4 (линия 2).

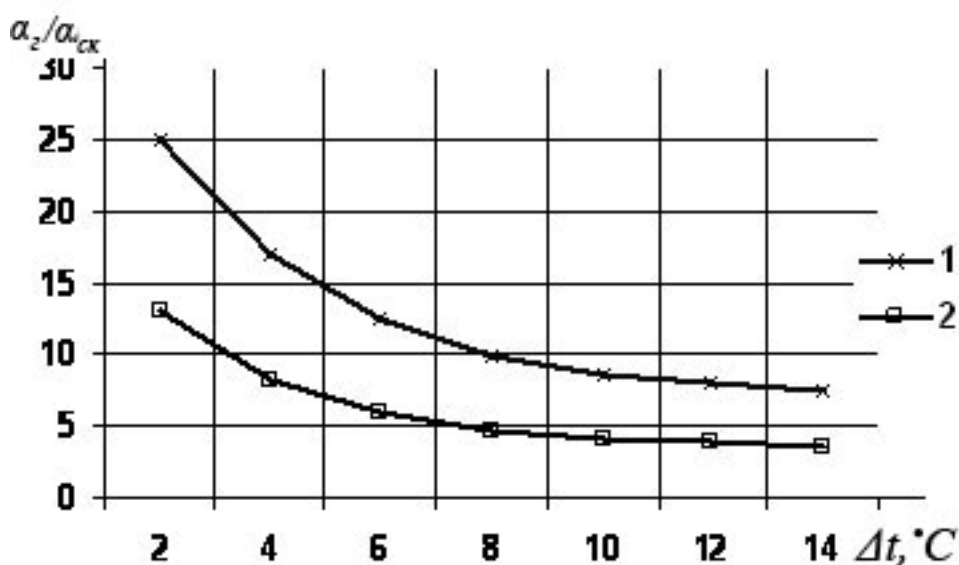


Рисунок 4. Зависимость $\alpha_z/\alpha_{ск}$ от температурного напора Δt при удельном расходе газа $W_r = 3,16 \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2/\text{с}$ (α_z – коэффициент теплоотдачи при газожидкостной интенсификации, $\alpha_{ск}$ – коэффициент теплоотдачи при свободной конвекции): 1 – угол наклона $\varphi=0^\circ$; 2 – угол наклона $\varphi=65^\circ$

Из рисунка 4 следует, что эффективность метода применительно к наклоненной поверхности снизилась по сравнению с вертикальной

поверхностью, но осталась достаточно высокой и составляет 5-10 даже при малых температурных напорах.

Вывод. Таким образом, имеет место существенная интенсификация теплоотдачи. Это позволяет сделать вывод о перспективности данного метода интенсификации теплоотдачи для наклоненной поверхности и необходимости проведения соответствующих развернутых теплотехнических исследований с целью уточнения зависимости, описывающей теплоотдачу газожидкостных струй.

Характеристики замкнутой системы охлаждения СЭУ во многом определяются используемыми ТОА, составом охлаждаемого оборудования и принципами построения самой системы. Поэтому, создание надежной ЗСО невозможно без внедрения эффективных устройств теплоотвода в забортную воду. Разработка эффективного способа интенсификации теплоотдачи наклоненных СОТОА забортной воде в значительной степени определяет возможности широкого внедрения экологически безопасных ЗСО СЭУ в практику судостроения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоровский К.Ю. Интенсификация теплоотдачи в погружных пластинчатых теплообменниках / К.Ю. Федоровский, Д.О. Владецкий : материалы международной научно-технической конференции ["Живучесть корабля и безопасность на море"]. – Севастополь : СВМИ им. Нахимова, 2005. – С. 132–136.
2. Федоровский К.Ю. Свободно-конвективный теплообмен плоской неизотермической поверхности при различной ее ориентации / К.Ю. Федоровский // Инженерно-физический журнал. – 1988. – Т. 55, № 2. – С. 186–190.
3. Цыпин В.М. Возможности снижения вредного влияния работы энергетических установок буровых платформ на окружающую среду / В.М. Цыпин, Л.Н. Пшенин : материалы Всесоюзной научно-технической конференции ["Основы проектирования плавучих буровых установок"]. – 1980. – С. 278–283.
4. Kobus H. Bemessungsgrundlagen und Anwendungen für Luftschleier im Wasserbau. / H. Kobus – Bielefeld: E. Schmidt Verlag, 1973. – 403 p.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СУДОВЫХ КОТЛОВ ПРИ СЖИГАНИИ ВОДНО-ТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ

*Горячкин В.Ю., Горячкин А.В., Тендитный Ю.Г.,
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, Херсонский филиал*

Анализ проблемы и постановка задачи исследований.

Первоочередными задачами, которые стоят перед отечественной энергетикой, являются: обеспечение надежной работы эксплуатируемого оборудования в широком диапазоне регулирования мощности и повышение эффективности путем поэтапного обновления технической базы. Простейшее и доступное решение – научно-обоснованное продление срока эксплуатации энергооборудования с учетом их реального технического состояния. Более сложный, но и более эффективный путь – это модернизация оборудования, которая предусматривает индивидуальный подход при выборе технических мероприятий, которые обеспечивают повышение надежности и эффективности работы энергооборудования при продлении срока его эксплуатации. При этом следует отметить, что затраты на контроль, диагностику, ремонтновосстановительные мероприятия и замену ресурсопределяющих элементов новейшими при продлении сроков эксплуатации оборудования на 15...20 лет значительно ниже (в 6...7 раз) затрат, необходимых для замены оборудования в полном объеме.

Работы по усовершенствованию энергооборудования практически не ведутся, а замена физически и морально уставшего оборудования практически невозможна из-за отсутствия как оборудования, так и финансирования.

Продолжение ресурса теплоэнергетического оборудования дает значительный экономический эффект, который на данный момент – единственный выход из критического положения. В последние годы проектными организациями, заводами-изготовителями и эксплуатационниками совместно с ремонтными предприятиями выполнена большая работа по продлению службы энергооборудования. Восстановление его работоспособности осуществляется или путем замены или обновления отдельных элементов с обеспечением необходимого уровня надежности и безопасности. Большое влияние на надежность работы оказывают режимы работы элементов энергооборудования.

Безопасность, надежность и эффективность работы энергооборудования существенным образом зависят от эрозионно-коррозийной стойкости металла оборудования. Следствия эрозионно-коррозийного влияния проявляются в виде утонения, и в конечном итоге, разрушения элементов энергетического оборудования с последующей разгерметизацией рабочего тракта.

Поэтому снижение интенсивности коррозионных процессов в котлах является постоянной задачей при проектировании и эксплуатации котлов.

Обзор публикаций, анализ нерешенных проблем и постановка задачи исследований. Наряду с традиционными процессами теплообмена и аэродинамики в котлах большое влияние на показатели работы котла оказывают теплохимические процессы, которые все в большей мере ограничивают надежность, долговечность и экономичность работы энергетического оборудования. Одним из факторов, влияющих на конструктивные особенности котлов (энергетических вспомогательных, утилизационных) и их эксплуатацию при сжигании сернистых топлив, являются интенсивное загрязнение и коррозия высокотемпературных и низкотемпературных поверхностей нагрева. Коррозионная агрессивность потока продуктов сгорания органического топлива приводит к ограничению пределов использования их энергии в котлах из-за необходимости поддерживать относительно высокие значения температур низкотемпературных поверхностей нагрева, при которых скорость коррозии находится в допустимых пределах (0,15...0,25 мм/год). Верхний предел температуры стенки ограничен ростом высокотемпературной коррозии при температурах металла выше 450...550 °С в зависимости от марки стали, что объясняется появлением расплава оксидов Na и V, а значит электрохимической коррозии на поверхности труб. Это может ограничить температуру перегрева пара и приводит к необходимости применения дорогих легированных сталей. Нижний предел обусловлен резким усилением низкотемпературной коррозии (НТК) при температурах стенки поверхности нагрева ниже 130...140 °С, что обусловлено конденсацией паров серной кислоты. Появление конденсата кислоты на поверхности нагрева также приводит к возникновению электрохимической коррозии и резкому увеличению скорости коррозионных процессов. В связи с неравномерностью массопереноса паров серной кислоты при температуре поверхности около 100...110 °С появляется так называемый "кислотный пик" коррозии, что существенно ограничивает величину температуры уходящих газов, а следовательно, и величину КПД утилизации энергии продуктов сгорания [3, 9, 10, 13].

Если бы удалось снизить скорость коррозии в области «кислотного пика» коррозии до 0,15...0,25 мм/год, то нижний предел значения температуры стенки поверхности нагрева можно было бы уменьшить до 70...80 °С, что привело бы к снижению температуры уходящих газов до 100...120 °С, а значит к увеличению КПД котлов и к повышению надежности и долговечности низкотемпературных поверхностей нагрева.

До последнего времени мероприятиями, применявшимися для предупреждения или уменьшения коррозии и загрязнения поверхностей нагрева котлов, являлись поддержание температуры поверхности нагрева выше температуры точки росы, ввод присадок в топливо и дымовые газы, использование кислотоупорных покрытий или стойких к коррозии материалов. Считается, что переход к сжиганию мазута с низкими коэффициентами избытка воздуха (при $\alpha=1,03...1,01$) позволяет в какой-то

степени решать проблему и существенно снижает интенсивность НТК в области «кислотного» пика до 0,25...0,3 мм/год, но его применение вызывает большие трудности в эксплуатации при организации процесса горения и его автоматизации при таких низких избытках воздуха [2, 3, 13].

Одним из перспективных направлений повышения эффективности использования жидкого топлива с точки зрения энергосбережения и защиты окружающей среды считается сжигание водотопливных эмульсий (ВТЭ): при содержании воды до 10...20 % КПД котлов может даже повышаться; с увеличением содержания воды в эмульсии обеспечивается уменьшение содержания токсичных компонентов (NO_x , SO_x , CO, бензапирена) в продуктах сгорания. Опубликованы конкретные данные результатов исследований о ходе коррозионных процессов на низкотемпературных поверхностях нагрева (НТК) котлов при сжигании водотопливных эмульсий [1], которые показывают, что с увеличением содержания воды в эмульсии до 30 % скорость НТК снижается до уровня газовой коррозии, которая наблюдается при температурах стенки выше температуры точки росы серной кислоты (ТТР), т.е. до $\approx 0,15...0,2$ мм/год.

На надежность работы большое влияние оказывает и характер коррозионного процесса. При сжигании стандартных сернистых топлив с содержанием воды 2 % на низкотемпературной поверхности появляется локальная язвенная коррозия, которая переходит к непредсказуемой питтинговой коррозии, существенно снижающей надежность работы низкотемпературных поверхностей нагрева котлов (экономайзера, газового воздухоподогревателя) особенно при температурах стенки ниже точки росы паров серной кислоты [2, 3, 14].

Цель работы – определить интенсивность НТК и характера коррозионного процесса при сжигании водно-топливной эмульсии (ВТЭ), приготовленной на основе сернистых топлив.

Так как проведение исследований коррозионных процессов длительностью 1000 ч на экспериментальной установке вызывает большие трудности (а при обеспечении постоянства параметров процессов горения и коррозии в такой продолжительности нет необходимости), с целью оценки интенсивности низкотемпературной коррозии при сжигании ВТЭ, а также сравнения НТК при сжигании различных топлив при разных режимах сжигания было принято решение о проведении исследований кинетики коррозионных процессов. Для этого в газоподвод экспериментальной установки одновременно помещались коррозионные образцы, которые затем извлекались последовательно через короткое время (2, 4, 6, 8, 12 ч), что обеспечивает практически одинаковые условия воздействия коррозионной среды с постоянными параметрами при проведении исследований на экспериментальной установке и, следовательно, достаточную воспроизводимость условий проведения опытов [1].

Чтобы при проведении исследований коррозионных процессов при сжигании ВТЭ на экспериментальной установке обеспечить достоверность

проводимых опытов, сначала были проведены исследования при сжигании стандартных топлив при соответствующих коэффициентах избытка воздуха α , для которых имеются литературные данные с результатами длительных опытов, проведенных на действующих котлах или лабораторных установках.

Для получения зависимостей кинетики коррозионных процессов были проведены исследования при сжигании различных видов топлив с разными α . Всего было проведено 25 серий опытов при S^r в топливе от 0,7 % до 2,0 %, при α от 1,01 до 1,5, при содержании воды от 2,0 до 30,0 %: при сжигании необводненного мазута М100 ($W^r = 2$ %) с содержанием серы 0,96 и 2 % при α , равных 1,01; 1,025; 1,05, продолжительностью до 100 ч, а также ВТЭ на основе М40 с содержанием воды 4, 10, 15, 17, 20 и 30 % при α , равных 1,5; 1,45; 1,35; 1,2; 1,15. Для сравнения результатов коррозионных испытаний при горении ВТЭ и стандартного топлива, но с впрыском воды и пара в корень факела сжигался мазут М40. В топку впрыскивалась вода и вводился пар в количествах, эквивалентных водосодержанию эмульсии 30 %.

Аппроксимация экспериментальных данных по убыли массы (глубины коррозии) была проведена в виде степенной зависимости, как предлагается многими авторами [4, 5, 6] в виде $\Delta G_k = A \cdot \tau^n$; где A , n – постоянные коэффициенты для каждого режима, которые определяют характер кривой. Для поиска коэффициентов были использованы математические средства программного комплекса Microsoft Office, в частности Microsoft Excel, а также система Mathcad. На основании полученных данных могут быть найдены аппроксимационные зависимости кинетики коррозии от времени воздействия дымовых газов: убыли металла $\Delta G = f(\tau)$; скорости коррозии $K = f(\tau) = (\Delta G)'$; ускорения коррозии $K' = f(\tau) = (\Delta G)''$, которые дают возможность прогнозировать развитие этих процессов.

Графики и уравнения регрессии, полученные в результате обработки результатов экспериментов, а также значения коэффициентов детерминации R^2 при сжигании ВТЭ с содержанием воды 30% ($S^r = 1,8$ %; $\alpha = 1,45$), при котором наблюдается минимальная интенсивность коррозии, и при сжигании стандартного топлива (М40+Ф12) ($S^r = 1,5$ %; $\alpha = 1,35$), при котором наблюдается максимальная коррозия, представлены на рисунке 1.

Как показали результаты стендовых коррозионных исследований время стабилизации коррозионного процесса, особенно при сжигании ВТЭ, составляет 2...3 ч. Это позволяет оценить уровень коррозионного процесса и прогнозировать процесс на длительное время по результатам исследований кинетики в течение 2...12 ч. В первые 1...3 ч процессы носят ускоренный характер, а затем идут с замедлением. После 4...5 ч практически наступает динамическое равновесие и коррозионный процесс идет с почти постоянной скоростью. Это позволяет расчетным путем при одинаковых условиях работы определить (прогнозировать) значение ΔG в течение любого периода эксплуатации, но при обеспечении стабильных режимов работы.

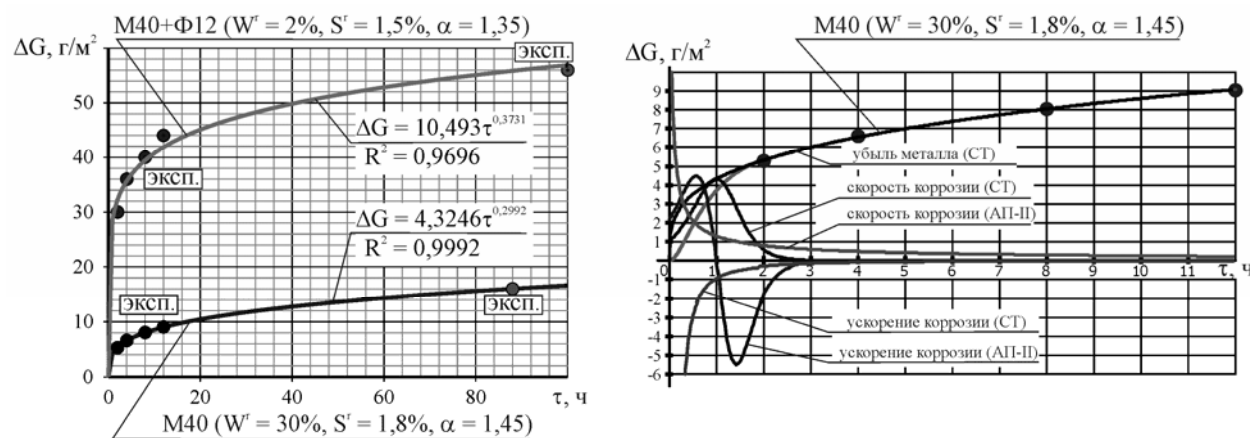


Рисунок 1. Исследование динамики коррозионных процессов:
 СТ – по степенной функции; АП-II – по аperiодической функции 2-го
 порядка

На основании результатов исследований зависимостей $\Delta G = f(\tau)$, полученных при сжигании различных топлив с разными α , было принято решение по данным 8-часовых опытов построить зависимости ΔG от содержания серы S^r в топливе, α и W^r в эмульсии. При этом рассматривались значения ΔG , полученные в области “кислотного” коррозионного пика при $t_{CT} = 105 \dots 115$ °C.

На рисунке 2, *а* представлена зависимость $\Delta G = f(S^r)$ при различном W^r в эмульсии: 2, 4, 10, 15 и 30 %. С увеличением S^r более 0,5 % при любом W^r в эмульсии наблюдается рост ΔG , но темп увеличения ΔG снижается с ростом W^r в эмульсии.

На рисунке 2, *б* представлена зависимость $\Delta G = f(\alpha)$, которая показывает, что начиная с $\alpha = 1,05$ и выше зависимость $\Delta G = f(\alpha)$ имеет практически прямолинейный характер, аналогично данным зависимости скорости коррозии от α , представленным в [13]. Однако с уменьшением α до 1,025 и 1,01 наблюдается резкое снижение ΔG . Причина видимо в том, что при таких значениях α резко снижается содержание SO_3 , а значит и паров H_2SO_4 в дымовых газах, от которых зависит скорость коррозии. Зависимость содержания $SO_3 = f(\alpha)$ носит такой же экспоненциальный характер [3, 11, 12].

На рисунке 2, *в* представлены зависимости ΔG от содержания воды W^r в эмульсии при сжигании мазутов с содержанием серы 0,98, 1,5 и 1,8% при значениях α , равных 1,35...1,45. С увеличением W^r в эмульсии ΔG снижается, причем, чем выше содержание серы в топливе, тем круче снижается кривая зависимости $\Delta G = f(W^r)$. Так, при $S^r = 0,98$ % ΔG снижается с 18,5 г/м² при $W^r = 2,0$ % до 3,5 г/м² при $W^r = 30$ % (т.е. ΔG уменьшилось в 5,3 раза). При $S^r = 1,8$ % ΔG снижается с 58,0 г/м² при $W^r = 2,0$ % до 7,5 г/м² при $W^r = 30$ % (т.е. ΔG снизилось в 7,7 раза). Значение R^2 находится в пределах 0,98...0,99, что указывает на высокую

достоверность проведенных исследований на экспериментальной установке при постоянных параметрах. То, что значения ΔG при $W^r = 30\%$ при разном S^r практически сходятся в одной точке, можно объяснить только тем, что при этом W^r в эмульсии создаются условия для появления пассивации металла. Опыты показывают, что на поверхности создается сплошной солевой слой, отделяющийся в виде тонкой пленки при обработке образцов раствором соляной кислоты, причем поверхность металла имеет характерный при пассивации блеск.

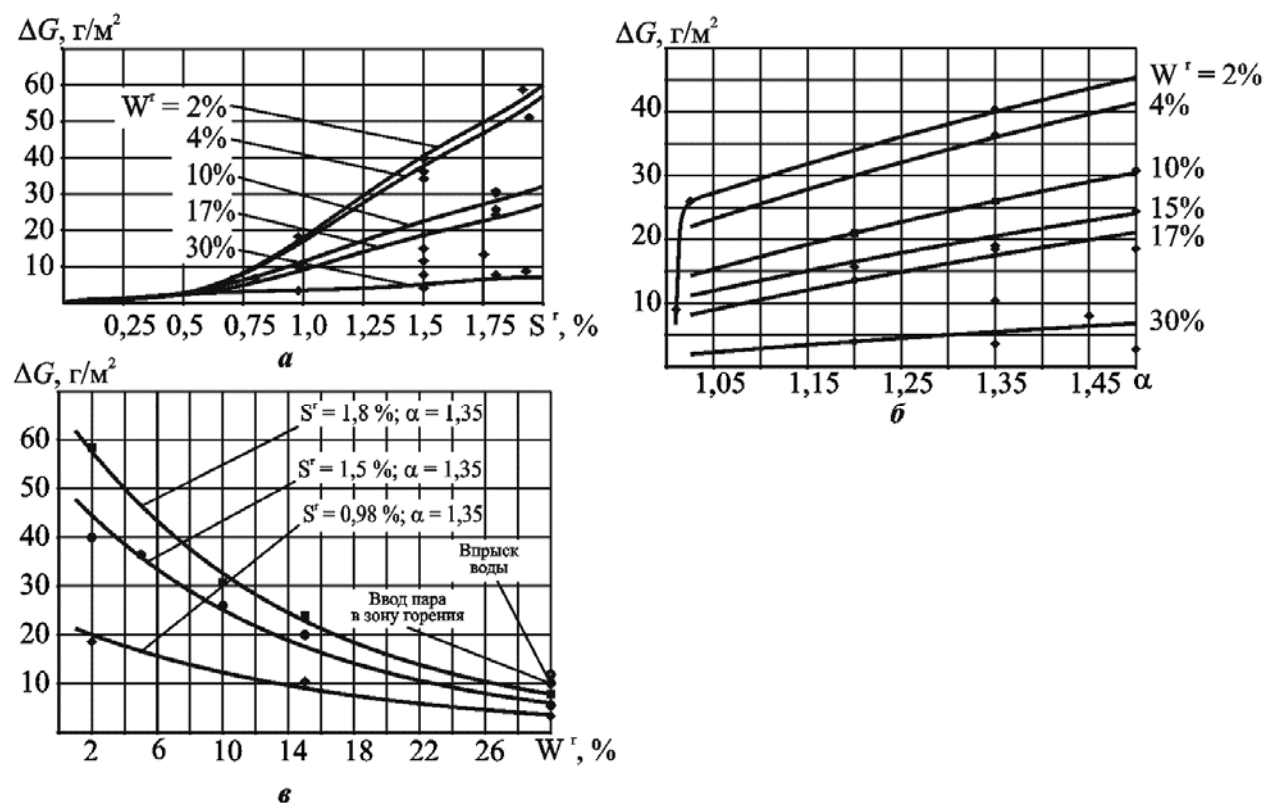


Рисунок 2. Зависимость удельной массы металла ΔG вследствие низкотемпературной коррозии при температуре стенки в области кислотного "пика" при $\tau = 8$ ч от содержания серы S^r (а), от избытка воздуха α (б) при разном водосодержании W^r , а также от водосодержания при разном содержании серы S^r (в)

Если при сжигании стандартного топлива ($W^r = 2\%$) при увеличении S^r от 0,5 до 1,5% ΔG растет с 7,5 г/м² до 40,0 г/м² (т.е. значение ΔG выросло в 5 раз), то при $W^r = 10\%$ ΔG увеличивается до 30 г/м² при $S^r = 1,8\%$ (т.е. значение ΔG возросло в 4 раза). При сжигании ВТЭ с $W^r = 30\%$ наблюдается незначительный рост ΔG : при увеличении S^r от 0,9 до 2,0 % ΔG растет с 3,0 до 9,0 г/м², т.е. убыль массы металла в 5...8 раз ниже, чем при сжигании стандартного топлива.

Необходимо отметить, что при вводе в топку распыленной воды или

водяного пара в количестве, соответствующем 30% воды в эмульсии, значение ΔG меньше, чем при сжигании стандартного топлива, но все-таки выше, чем при сжигании ВТЭ с тем же содержанием воды.

Выводы и перспективы дальнейшего использования результатов. Результаты проведенных исследований показывают, что в отличие от сжигания безводных стандартных топлив при сжигании ВТЭ с водосодержанием около 30 % на интенсивность низкотемпературной коррозии практически не влияет содержание серы S'' в топливе и значение коэффициента избытка воздуха α , что упрощает эксплуатацию котлов. И особенно важно, что исчезает «кислотный пик», «перемещение» которого при переменных значениях α и особенно температуры стенки, что всегда имеет место при эксплуатации, приводит к существенному росту скорости коррозии (до 1...1,2 мм/год). Изменяется характер электрохимической НТК: вместо язвенной и питтинговой коррозии, которая приводит к непрогнозируемому выходу из строя поверхности нагрева в короткие сроки и следовательно, существенному снижению надежности работы котлов при сжигании стандартных необводненных топлив, наблюдается равномерная по окружности и незначительная по величине коррозия при сжигании ВТЭ с содержанием воды 30 % [1]. Это подтверждается двухгодичной эксплуатацией котлов на танкере «София» при сжигании ВМЭ с 20...30 % воды. Такой характер НТК позволяет существенно повысить долговечность низкотемпературных поверхностей (воздухоподогревателя, экономайзера), а, следовательно, надежность работы особенно вспомогательных и утилизационных котлов.

Поэтому важно выяснить влияние внедрения режимов сжигания водотопливных эмульсий на надежность поверхностей нагрева паровых котлов. Определение допустимых значений скорости НТК, определяющих не только надежность работы НТП, но и значения температуры уходящих газов, от величины которых зависит КПД котлов, что станет целью последующих исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбов В.М., Горячкин А.В. Исследование интенсивности коррозионных процессов при сжигании водомазутных эмульсий : збірка наук. праць УДМТУ. – Миколаїв : УДМТУ, 2003. – № 5 (391). – С. 87–95.
2. Внуков А.К. Надежность и экономичность котлов для газа и мазута. – Л. : Энергия, 1966. – 367 с.
3. Внуков А.К. Теплохимические процессы в газовом тракте паровых котлов. – М. : Энергоиздат, 1981. – 296 с.
4. Герасимов В.В. Прогнозирование коррозии металлов. – М. : Металлургия, 1989. – 152 с.
5. Горохов В.А. Расчет загрязнения и коррозии трубчатых поверхностей нагрева котельных агрегатов // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1996.

6. Жук Н.П. Курс коррозии и защиты металлов. – М. : Металлургия, 1968. – 408 с.
7. Колпаков С.П. Использование топливных суспензий в судовых паровых котлах // Судостроение. – 2001. – № 32. – С. 32–36.
8. Низкотемпературная коррозия и загрязнение поверхностей нагрева в продуктах сгорания ГТД / В.А.Романов, Г.И.Дмитриев, В.И.Щербинкин, Г.В.Проценко // Энергомашиностроение. – 1979. – № 8. – С. 22–25.
9. Низкотемпературная коррозия теплоутилизирующих поверхностей нагрева судового вспомогательного котла / Г.В.Проценко, Н.П.Проценко, В.А.Романов, А.А.Волков // Судостроение. – 1987. – № 10. – С. 20–22.
10. Проценко Г.В., Романов В.А. Низкотемпературная коррозия поверхностей нагрева судовых котлов // Технология судостроения. – 1982. – № 7. – С. 53–57.
11. Стаценко В.Н., Суменков В.Н., Селезнев Ю.С. Эффективность применения водотопливных эмульсий в судовых котлах // Судостроение. – 1999. – № 2. – С. 31–34.
12. Бахирев В.И., Шелыгин Б.Л., Салов Ю.В. Анализ образования SO_3 при горении серосодержащих топлив и отходов // Промышленная энергетика. – 1988. – № 5. – С. 45–48.
13. Брытчиков Н.Я., Горбатенко В.Я. Образование серного ангидрида в топках парогенераторов // Теплоэнергетика. – 1985. – № 10. – С. 23–27.
14. Магадеев В.Ш. Коррозия газового тракта котельных установок. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 272 с.
15. Эксплуатация производственных котлов КВГ-34К на водотопливной эмульсии / Ю.В. Якубовский, В.М. Суменков, Ю.С. Селезнев и др. // Рыбное хозяйство. – 1991. – № 3. – С. 16–18.

ТЕПЛОНАСОСНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ РЕСУРСОВ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Андреев А.А., Калинин И.В.,

Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, Херсонский филиал

Актуальность проблемы. Утилизация тепловых потерь главного двигателя (ГД) традиционно является одним из основных направлений повышения эффективности судовой энергетической установки (СЭУ). Теоретические исследования и разработки систем повторного использования теплоты ГД, в первую очередь судовых дизельных установок (СДУ), были успешно реализованы на большом числе морских судов [6, 8, 13]. Однако на сегодняшний день ситуация с утилизацией теплоты СДУ на транспортном флоте качественно изменилась. Повышение КПД и снижение удельного расхода топлива современных судовых дизелей сопровождается перераспределением статей их теплового баланса, в частности уменьшением потерь с отходящими газами (ОГ) при одновременном возрастании доли теплоты, отводимой в охладителе наддувочного воздуха. Также имеет место существенное снижение температуры ОГ. Эти факторы в совокупности резко понижают эффективность традиционных схем утилизации, что приводит к отказу от их использования и необходимости ввода в работу на ходовом режиме вспомогательного котла (ВК) [14].

Как один из вариантов решения этой проблемы может рассматриваться применение на судах теплонасосных паропроизводящих установок (ТНПУ) для выработки водяного пара, источником потребляемой теплоты низкого потенциала (в испарителе) у которых являлись бы вторичные тепловые ресурсы ГД. Это позволило бы, во-первых, утилизировать сбрасываемую теплоту, уменьшая тем самым тепловое загрязнение окружающей среды, во-вторых, отказаться от работы ВК на ходовом режиме судна, а следовательно понизить загрязнение атмосферы токсичными компонентами уходящих дымовых газов и, в-третьих, сэкономить невозобновляемые источники энергии (котельное топливо).

Анализ исследований по данной проблеме. Теплонасосное направление утилизации вторичных тепловых ресурсов СДУ для производства водяного пара в научно-технической литературе ранее уже рассматривалось. Например, в [13] приведена схема ТНПУ (рис. 1), предназначенная для повышения температурного потенциала (45...60 °С) теплоты, сбрасываемой в системе охлаждения дизеля, и получения водяного пара. Установка состоит из испарителя 2, по трубкам которого прокачивается насосом 8 охлаждающая вода внутреннего контура двигателя 1. За счет испарения хладона она охлаждается на 6...10 °С. При работе ТНПУ на долевых режимах доохлаждение воды происходит в холодильнике 7, через

который прокачивается забортная вода ЗВ. Из испарителя пар хладона засасывается турбокомпрессором 5, имеющим электропривод (в качестве привода может использоваться и паровая турбина).

Перед поступлением в компрессор, где происходит сжатие хладагента, пар проходит через регенеративный теплообменник (РТО) 4, где несколько подогревается. Перегретый пар из компрессора направляется в конденсатор 6, который является одновременно пароводяным котлом. Из конденсатора жидкий хладагент через РТО поступает в дроссельный клапан 3. После дросселирования парожидкостная хладагентная смесь подаётся в испаритель 2.

Произведённые в [13] расчёты показали, что при работе ТНПУ можно получить дополнительно на 1 кВт мощности ГД 0,35...0,50 кг/ч насыщенного пара давлением 0,20...0,25 МПа и тем самым уменьшить общий расход топлива в СЭУ.

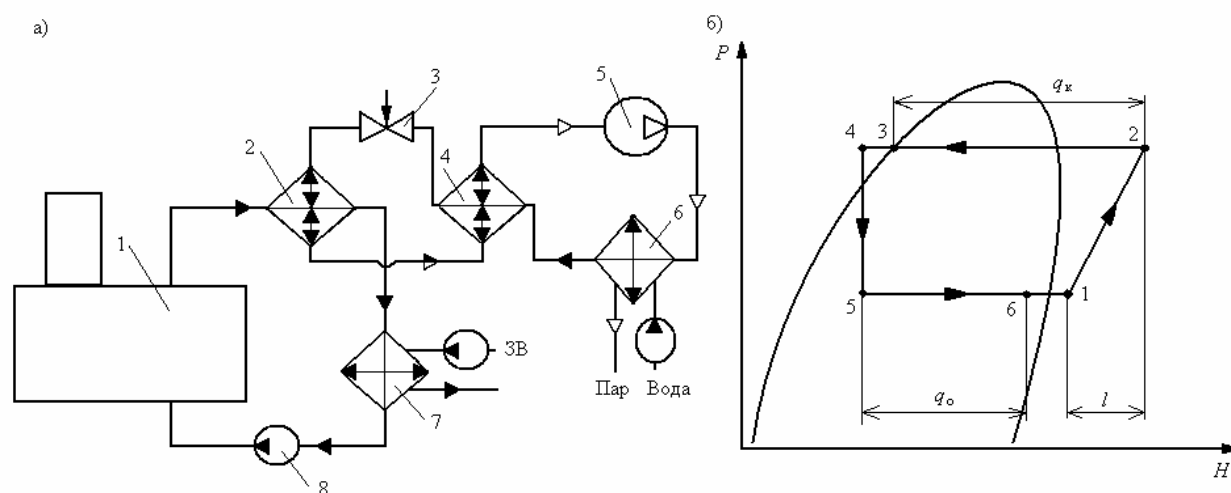


Рисунок 1. Парокомпрессорный тепловой паропроизводящий насос
а) схема установки; б) цикл в Н-Р - диаграмме

К применению рекомендовались хладоны $R11$ (CF_3Cl), $R12B2$ (CF_2ClBr), $R113$ ($CF_2ClCFCl_2$), $R216$ ($C_3F_6Cl_2$). Однако на сегодняшний день все они запрещены для использования как озоноразрушающие.

Данная схема работы ТНПУ получила свое развитие в работе [11], где рассматривались различные варианты теплоутилизирующих контуров на низкокипящих рабочих телах (рис. 2) для получения водяного пара давлением 0,2 МПа и выше за счет теплоты наддувочного воздуха и охлаждающей ГД воды. Теплообменники И1 и И2 здесь являются испарителями теплового насоса, а образование водяного пара происходит в конденсаторах Кд. При этом возможна компрессорная (рис. 2, а) или комбинированная эжекторно-компрессорная (рис. 2, б) ТНПУ. В первом случае в качестве рабочего тела ТНПУ рекомендовались высококипящие жидкости, например хладон $R114$ (CF_2ClCF_2Cl), во втором – хладон $R22$ (CHF_2Cl), хотя и $R114$ и $R22$ попадают под ограничения, накладываемые Монреальским протоколом.

Определенный опыт использования ТНПУ накоплен и в стационарной энергетике [12, 15].

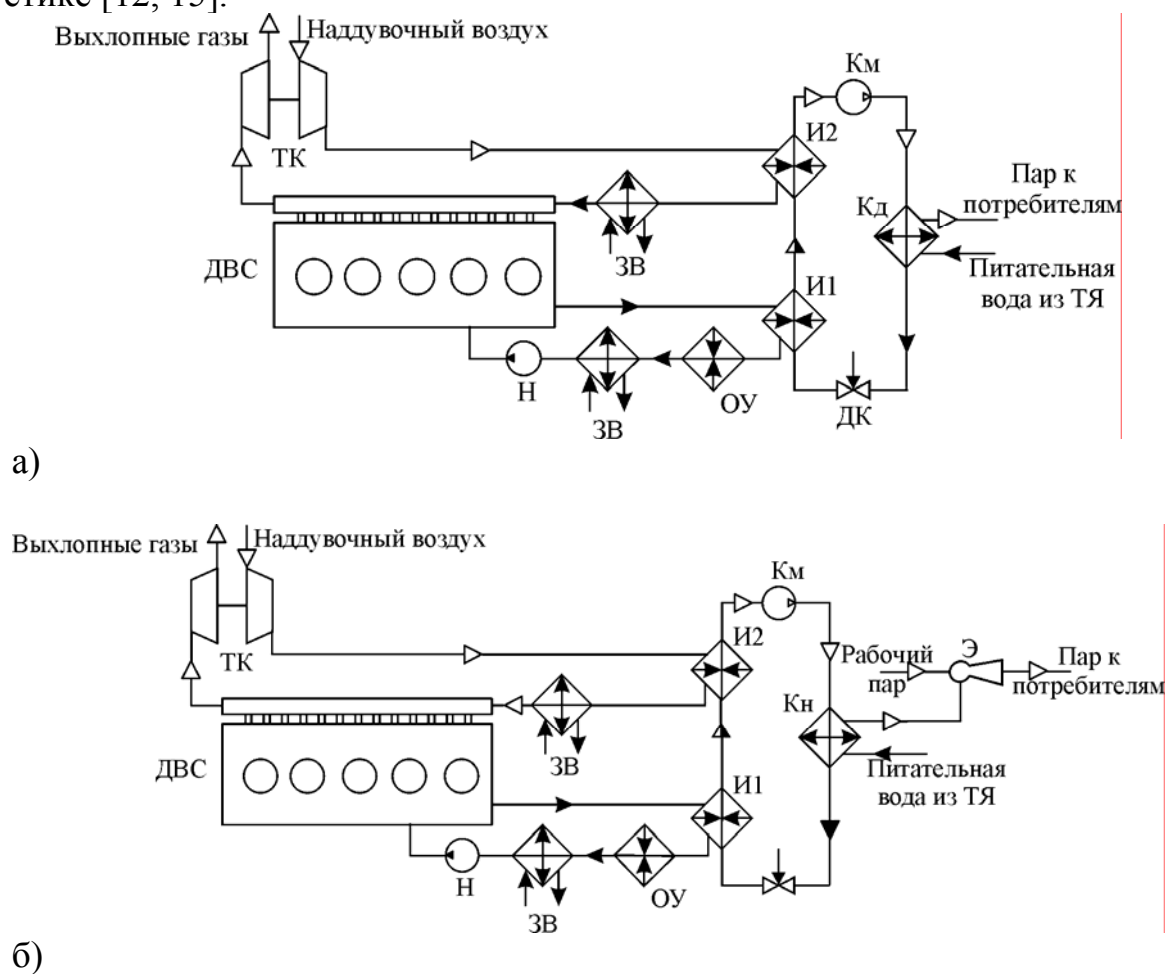


Рисунок 2. Схемы теплоутилизирующих контуров для получения водяного пара:

а) компрессорный контур; б) комбинированный эжекторно-компрессорный контур;

ДК – дроссельный клапан; ЗВ – заборная вода; И1, И2 – испарители; Км – компрессор теплового насоса; Кд – конденсатор; Н – насос; ОУ – опреснительная установка; ТК – турбокомпрессор; ТЯ – теплый ящик; Э – эжектор.

Однако данных, приведенных в рассмотренных выше источниках, недостаточно для оценки перспективности теплонасосного направления утилизации низкопотенциальной теплоты СДУ. Параметры работы дизелей приведены для устаревших моделей машин, не обоснован выбор рабочего агента, не произведены конструктивные расчеты основных аппаратов.

Постановка задачи. Недостаточность достоверной информации и определила цель проведенного исследования, результаты которого нашли отражение в данной статье: выяснить техническую возможность и целесообразность теплонасосной утилизации низкопотенциальной теплоты СДУ с целью производства водяного пара для различных судовых потребителей. Следует отметить, что авторами данной статьи уже накоплен

определенный опыт в анализе эффективности использования тепловых насосов для судовых утилизационных систем [2–5, 9, 10].

Изложение материала исследования. Выбор параметров работы установки утилизации низкопотенциальной теплоты с помощью теплового насоса определяется, с одной стороны, необходимостью обеспечения максимальной степени утилизации теплоты, отводимой от дизеля различными охлаждающими средами, а с другой, наличием на судне специфических потребителей пара, в первую очередь, подогревателей тяжелого топлива для ГД и вспомогательных дизель-генераторов. Анализ параметров судовых потребителей тепловой энергии показывает, что они могут быть разделены на три основные группы: использующие водяной пар низкого (0,3 МПа), среднего (0,5 МПа) и высокого (0,9 МПа) давлений [14]. Первоначально рассматривалась работа ТНПУ с получением пара всех трех параметров. Однако, учитывая возможность термического разложения хладонов, являющихся рабочим телом ТНПУ, и с целью упрощения установки окончательно была принята схема (рис. 3). При этом предполагалось, что водяной пар давлением 0,9 МПа вырабатывается в традиционном утилизационном водяном котле за счет теплоты ОГ ГД.

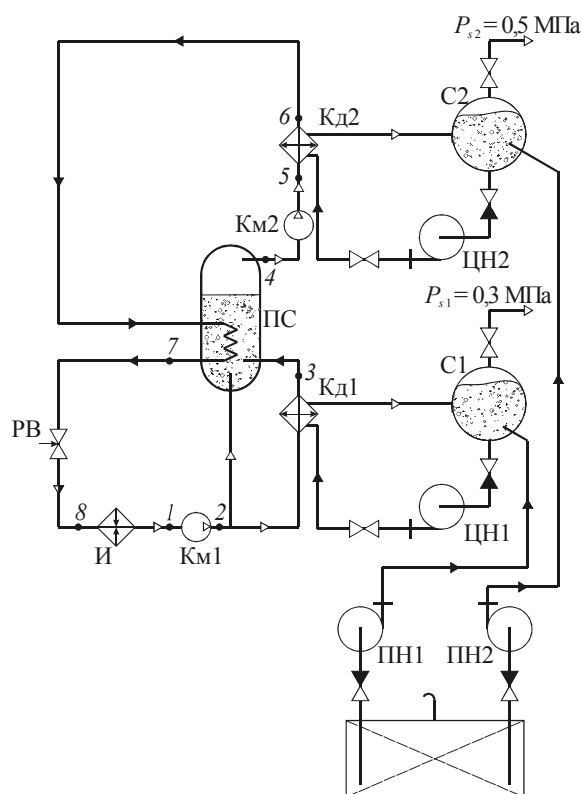


Рисунок 3. Принципиальная схема теплонасосной паропроизводящей установки двух давлений (цифры 1 и 2 в конце обозначений соответствуют аппаратам первой и второй ступени)

ДК – дроссельный клапан; И – испаритель; Кд – конденсатор; Км – компрессор; ПН – водяной питательный насос; ПС – промежуточный сосуд; С – сепаратор водяного пара; ЦН – водяной циркуляционный насос

Установка работает следующим образом. Рабочий агент ТНПУ (хладон) кипит в испарителе И, отбирая низкопотенциальную теплоту системы охлаждения ГД. Далее он сжимается до промежуточного давления в компрессоре первой ступени Км1 и разделяется на два потока. Первый поток конденсируется в конденсаторе Кд1, являющемся генератором водяного пара низкого давления (0,3 МПа), и в жидком состоянии поступает в промежуточный сосуд ПС. Туда же поступает и второй поток пара рабочего агента промежуточного давления после компрессора первой ступени Км1. Из промежуточного сосуда ПС пар поступает на всасывание в компрессор второй ступени Км2. После сжатия в нем хладон конденсируется в конденсаторе Кд2, который является генератором водяного пара среднего давления (0,5 МПа). Далее жидкий хладон высокого давления охлаждается в змеевике промежуточного сосуда ПС, дросселируется в дроссельном клапане ДК и опять при низком давлении подается на вход в испаритель И.

Изображение процессов в цикле ТНПУ представлено на рисунке 4.

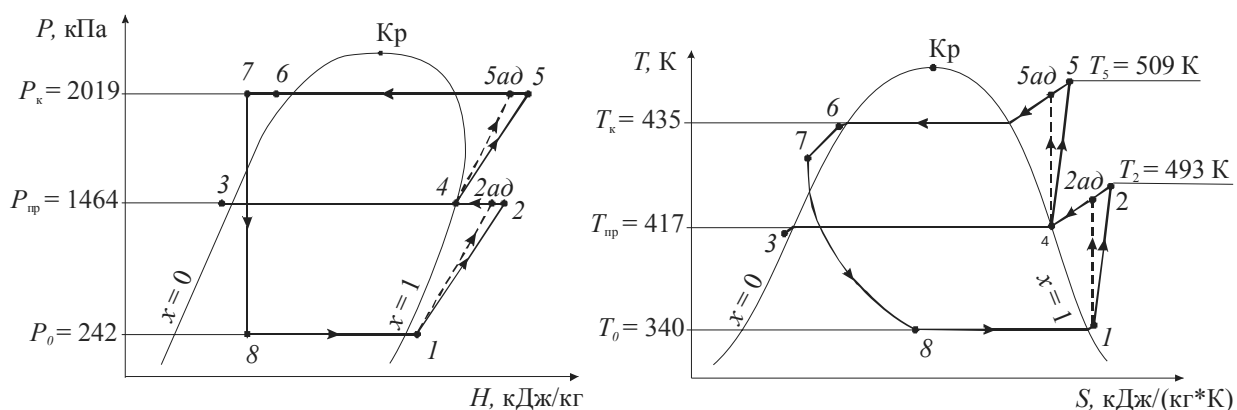


Рисунок 4. Цикл теплонасосной паропроизводящей установки в тепловых H - P и S - T -диаграммах состояния вещества (значения температур и давлений в характерных точках цикла приведены для хладона R30)

Как судно-прототип был выбран танкер проекта 15966, водоизмещением $D = 35970$ т, разработки ЦКБ "Изумруд" (г. Херсон). Выбор этого типа судна определялся тем, что танкерный флот характеризуется, во-первых, большими мощностями установленных ГД, а, во-вторых, значительными потребностями в водяном паре, необходимом для подогрева топлива дизелей, для подогрева перевозимого груза, для функционирования различных общесудовых систем и систем двигателей.

В качестве ГД танкера рассматривался современный малооборотный супердлинноходный дизель марки 5RTA58T-B фирмы "Wartsila-NSD" (Финляндия) номинальной эффективной мощностью 10625 кВт.

Источником низкопотенциальной теплоты был выбран высокотемпературный контур системы охлаждения ГД пресной водой. По данным каталогов фирмы "Wartsila-NSD" тепловая нагрузка на испаритель ТНПУ составит 3605 кВт. При этом температура охлаждающей пресной воды

на входе и на выходе из испарителя должна поддерживаться соответственно 85 °С и 70 °С.

Параметры окружающей среды принимались для судов неограниченного района плавания при эксплуатации в теплый период года: температуры наружного воздуха и забортной воды соответственно 34 °С и 30 °С.

Для производства водяного пара необходимых давлений давления конденсации хладона принимались для первой и второй ступеней соответствующими 144 °С и 162 °С. Кроме того, при расчете цикла ТНПУ задавалось:

- температура кипения хладона в испарителе 67 °С;
- температура паров хладона на выходе из испарителя 75 °С;
- переохлаждение жидкого хладона в конденсаторах $\Delta t = 1$ °С;
- адиабатный КПД хладонового центробежного компрессора $\eta_{ад.к} = 0,82$;
- расход насыщенного водяного пара низкого (0,3 МПа) давления $G_{s,l} = 364$ кг/ч (согласно паровым нагрузкам судна-прототипа в ходовом режиме).

При расчетах были приняты следующие допущения:

- расчет циклов ТНПУ производился для работы ГД на номинальном режиме нагрузки;
- не учитывались гидравлические потери, как в теплообменных аппаратах, так и в соединительных трубопроводах;
- отсутствуют потери теплоты в окружающую среду в теплообменных аппаратах, трубопроводах и других элементах установки;
- рабочий агент ТНПУ является абсолютно чистым веществом без примесей.

В процессе расчета циклов для определения термодинамических (давление, температура, удельный объем) и калорических (энтальпия, энтропия) свойств хладонов в различных фазовых состояниях (перегретый пар, жидкость, паро-жидкостная смесь) использовался информационно-вычислительный комплекс «*Tersvo*», позволяющий моделировать свойства 70 различных веществ во всех фазовых состояниях [7]. В основе этого комплекса лежит ряд теоретических и аналитических зависимостей, в первую очередь уравнение состояния вещества в форме Ли-Эрбара-Эдмистера [1].

При выборе рабочего тела ТНПУ рассматривались хладоны, отвечающие следующим требованиям:

- отсутствие вакуума в системе для предотвращения подсоса воздуха и, соответственно, установки сложного оборудования, отделяющего воздух от рабочего агента. Для этого следует использовать такие хладоны, у которых давление кипения в испарителе больше или равно атмосферному давлению, то есть нормальная температура кипения хладона должна быть меньше или равна температуре кипения в испарителе;

- осуществимость процесса конденсации хладагona в конденсаторе Кд2, что достигается в случае, если критическая температура хладагona больше температуры его конденсации в конденсаторе Кд2;

- озонобезопасность, что обеспечивается использованием таких хладагонов, у которых молекулы не содержат атомов брома, а также атомов хлора без атомов водорода.

Основные результаты расчетов цикла представлены в таблице 1. Согласно расчетам, работа ТНПУ обеспечивает водяным паром необходимых параметров всех потребителей на ходовом режиме в теплой зоне плавания.

Таблица 1. Результаты расчета теплонасосного цикла ТНПУ на различных рабочих агентах

Показатель работы установки, единица измерения	Марка хладагona						
	R20	R21	R30	R123	R160	R280	R4(13)0
Давление хладагona, Па:							
- кипения	122	625	242	349	562	195	264
- промежуточное	850	2996	1464	1892	2743	1183	1444
- конденсации	1199	4013	2019	2581	3678	1633	1967
Массовый расход хладагona, кг/с, через:							
- испаритель	23,63	39,43	18,33	78,55	23,84	22,53	47,72
- конденсатор Кд1	1,08	1,45	0,82	2,34	0,91	0,91	1,22
Отношение давлений ступени:							
- первой	6,95	4,79	6,05	5,41	4,88	6,08	5,47
- второй	1,41	1,34	1,38	1,36	1,34	1,38	1,79
Мощность привода компрессора ступени, кВт:							
- первой N_1	1650	2342	1757	3084	2236	2014	3880
- второй N_2	350	455	378	576	422	303	959
Тепловая нагрузка на конденсатор второй ступени Q_2 , кВт	5373	6151	5496	7023	6019	6573	9623
Расход насыщенного водяного пара среднего давления, кг/с	2,06	2,36	2,11	2,70	2,31	2,18	3,69
Коэффициент преобразования цикла COP^*	2,82	2,29	2,70	1,99	2,26	2,56	1,59

Примечание. * Коэффициент находится по формуле

$$COP = \frac{Q_1 + Q_2}{N_1 + N_2},$$

где Q_1 – тепловая нагрузка на конденсатор первой ступени, кВт.

Анализ эффективности применения различных рабочих агентов показал следующее. Хладоны $R21$ ($CHFCl_2$), $R123$ (CF_3CHF_2), $R160$ (CH_2ClCH_3) имеют по сравнению с другими рассматриваемыми веществами высокое давление конденсации (желательно, чтобы оно не превышало 2,1 МПа [12], иначе это ведет к утолщению стенок трубопроводов, повышенной прочности корпуса компрессора и конденсатора, что вызывает их удорожание и т.д.); недостатком хладонов $R123$ и $R4(13)0$ (C_5H_{12}) является самое низкое значение коэффициента преобразования $COP < 2,0$. Для хладонов $R21$, $R123$ и $R4(13)0$ характерны высокие значения массовых расходов в цикле (больше 25 кг/с), что приводит к повышенным массогабаритным и стоимостным показателям машин, аппаратов и трубопроводов установки. Хладоны $R20$ ($CHCl_3$), $R30$ (CH_2Cl_2) и $R280$ (C_3H_7Cl) имеют примерно одинаковые отношения давлений в ступенях, удовлетворительные значения давлений кипения и конденсации, а также близкие значения COP (2,6...2,8), что позволяет рекомендовать их для использования в ТНПУ.

По результатам расчета цикла для хладона $R30$ были выполнены конструктивные проработки основных элементов ТНПУ: кожухотрубного испарителя, конденсатора специальной компоновки, центробежного компрессора и промежуточного сосуда. Были получены приемлемые массогабаритные показатели этих машин и аппаратов, позволяющие смонтировать их в машинно-котельном отделении судна-прототипа с соблюдением требований морских классификационных обществ. Особенности конструкций, методики расчета и основные характеристики элементов ТНПУ авторы планируют осветить в последующих публикациях по данной тематике.

Таким образом, полученные результаты показали перспективность теплонасосного направления утилизации низкопотенциальной теплоты СДУ и целесообразность проведения дальнейших исследований. По мнению авторов, в первую очередь необходимо решить следующие задачи:

- оценить потенциал различных источников вторичных тепловых ресурсов на судне для обоснованного выбора наиболее целесообразных для конкретных назначений;
- проанализировать различные конструкции аппаратов ТНПУ, обеспечивающие интенсификацию процессов тепломассообмена в них;
- сформировать базу данных о химической стабильности, токсичности, взрыво-пожароопасности, стоимости и других эксплуатационных характеристиках хладонов для обоснованного выбора конкретной марки для конкретного температурного диапазона работы ТНПУ;
- разработать математическую модель ТНПУ, оценить ее адекватность по данным экспериментальных исследований;
- провести многовариантные оптимизационные расчеты ТНПУ для выбора рациональных параметров ее работы.

Выводы:

1. На сегодняшний день на водном транспорте вопросы утилизации сбросной теплоты СДУ остаются крайне актуальными. Одним из вариантов решения этой задачи с учетом изменившихся параметров работы судовых дизелей является внедрение теплонасосных паропроизводящих установок.

2. Проведенные исследования показали энергетическую эффективность и техническую осуществимость теплонасосного направления утилизации низкопотенциальной теплоты СДУ.

3. Окончательный выбор режимных параметров работы ТНПУ (в том числе и марки хладагента) должен производиться на основе оптимизационных расчетов, моделирующих конструктивные и стоимостные характеристики аппаратов установки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А.А. Выбор оптимального уравнения состояния для моделирования термодинамических свойств гелий- и водородохладонных смесей // Теплоэнергетика и хладотехника : сб. научн. тр. – Николаев : НКИ, 1989. – С. 8–12.

2. Андреев А.А., Калиниченко И.В. Сравнительная оценка энергетической эффективности судовых паропроизводящих установок различных типов : зб. наук. пр. НУК. – Миколаїв : НУК, 2007. – № 2 (413). – С. 100–106.

3. Андреев А.А., Калиниченко И.В. Экологическая и энергетическая целесообразность утилизации низкопотенциальной теплоты на судах с помощью теплового насоса // Техногенна безпека : наукові праці МДГУ ім. П.Могили.– Миколаїв : МДГУ. – 2008. – Т. 85, вип. 72. – С. 23–27.

4. Андреев А.А., Смагин Д.Н., Калиниченко И.В. Совершенствование схем утилизации низкопотенциальной теплоты судовых дизельных установок на основе низкокипящих жидкостей : зб. наук. пр. НУК. – Миколаїв : НУК, 2004. – № 4 (397). – С. 43–48.

5. Андреев А.А. Утилизация вторичных тепловых ресурсов судовых ДВС // Двигатели внутреннего сгорания. – 2006. – № 2. – С. 149-154.

6. Захаров Ю.В. Исследование и совершенствование энергоиспользования на дизельных судах : дисс. докт. техн. наук: 05.08.05 / Николаевский кораблестроительный институт. – Николаев, 1972. – 307 с.

7. Максимов В.І. Моделювання термодинамічних властивостей робочих речовин холодильних машин і теплових насосів : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів, молодих вчених та молодих спеціалістів [«Сучасні проблеми суднової енергетики»]. – Миколаїв : УДМТУ, 2003. – С. 108–109.

8. Маслов В.В. Утилизация теплоты судовых дизелей. – М. : Транспорт, 1990. – 144 с.

9. Патент на корисну модель № 27941, Україна, МПК F22B3/00, F25B30/00. Спосіб утилізації низькопотенційної теплоты теплонасосним

парогенератором / Андреев А.А., Калініченко І.В.; Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. – Заявл. 15.05.2007; Опубл. 26.11.2007, Бюл. № 19.

10. Патент на корисну модель № 29056, Україна, МПК F22B 3/00, F25B 30/00. Спосіб утилізації низькопотенційної теплоти теплонасосним парогенератором / Андреев А.А., Калініченко І.В.; Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. – Заявл. 29.05.2007; Опубл. 10.01.2008.

11. Радченко Н.И., Сирота А.А. Теплоутилизирующие контуры на низкикопющих рабочих телах для ДВС // Авіаційно-космічна техніка і технологія : зб. наук. пр. – Харків : ХАІ, 2002. – Вип. 31 : Двигуни та енергоустановки. – С. 17–19.

12. Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы / пер. с англ. – М. : Энергоиздат, 1982. – 224 с.

13. Селиверстов В.М. Утилизация тепла в судовых дизельных установках. – Л. : Судостроение, 1973. – 256 с.

14. Современное состояние систем глубокой утилизации вторичных энергоресурсов судовых дизельных энергетических установок / А.А. Андреев, В.С. Самохвалов, Д.Н. Смагин, В.С. Цвиклис : зб. наук. пр. УДМТУ. – Миколаїв : УДМТУ, 2002. – № 5 (283). – С. 66–76.

15. Янговский Е.И., Левин Л.А. Промышленные тепловые насосы. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.

ВПЛИВ ПРОТИВОТИСКУ В ГАЗОВИХЛОПІ ДВИГУНІВ НА НАДІЙНІСТЬ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ СУДНОВОЇ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ

Багненко М.Ю.,

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Херсонська філія

Вступ. Для утилізації теплоти вихлопних газів двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), звичайно використовують водотрубний утилізаційний котел (УК). Для того, щоб зробити котел гранично економічним та компактним, теплообмінна поверхня (ТП) по газовій стороні трубок може бути збільшена за допомогою, наприклад, щільного компонування, оребрення або штирів. У ряді випадків збільшені кількості відкладень сажі в УК цього типу супроводжувалися сажистими пожежами. Оребрення або трубки зі штирями більш піддані сажистим пожежам, ніж гладкі, у зв'язку з тим, що на краях ребер має місце найвища температура металу, і вони з більшою ймовірністю можуть стати початковими точками пожежі.

Актуальність дослідження. При сучасних номінальних потужностях двигунів ряду MC/MC-C і ME/ME-C фірми MAN B&W температури випускних газів після турбокомпресора становлять близько 240...270°C, а частка теплоти, що втрачається з відпрацьованими газами, є близькою до $q_g=25,0\%$, яка відображена на рисунку 1.

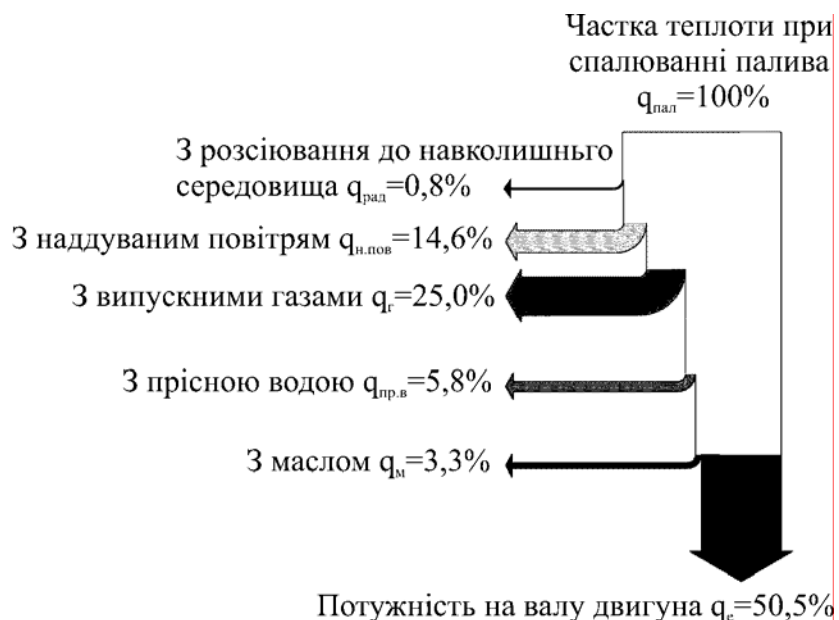


Рисунок 1. Тепловий баланс ГД 6S60MC-C (специфікаційна максимальна тривала потужність (СМТП): 13560 кВт при 105 об./хв.; тривала експлуатаційна потужність: 80% МТП)

Відпрацьовані гази дизелів із сажею є серйозною технічною проблемою, актуальність якої зростає у зв'язку з постійним ростом ТП УК, яка з відкладеннями створює додатковий противотиск для відпрацьованих газів головного двигуна (ГД) суднової енергетичної установки (СЕУ). Це послужило підставою для розробки високоефективних методів по боротьбі з відкладеннями сажі.

Постановка задачі. Основним напрямком даної роботи є розробка й удосконалення методів і технічних засобів для ефективного очищення ТП від відкладень з метою підвищення економічності й надійності СЕУ. Досягти цього можна в результаті оптимізації основних параметрів впливу ударно-акустичного імпульсу на теплообмінну поверхню в обсязі УК, заснованої на математичному моделюванні процесів, які протікають у них, і розробці конструкцій пристроїв, у яких реалізовані нові принципи очищення. Складність розглянутих питань визначає необхідність комплексного підходу до рішення проблеми підвищення економічності й надійності при експлуатації. З вищевикладеного видно, що розробка і впровадження технічних засобів (пристроїв) для ефективного очищення ТП УК у вихлопній системі, які не знижують потужність і паливно-економічні показники ГД, є важливою проблемою. Без рішення цієї проблеми неможливо забезпечити економічну експлуатацію СЕУ з ДВЗ на судні.

Наукова проблема полягає в систематизації й узагальненні основних закономірностей процесів, які протікають у газовихлопі ГД і УК, для підвищення паливно-економічних показників і надійності СЕУ, і на цій основі розробці й оптимізації ефективних технічних засобів очистки ТП від відкладень сажі.

Метою роботи є розробка комплексного критерію ефективності процесу ударно-акустичного очищення, який враховує газодинамічні втрати від противотиску у газовихлопі дизеля та теплообмінні втрати в УК через відкладення сажі на ТП та побудова хвильових полів з використанням експериментальної установки.

Результати дослідження. Температурний напір може бути мірилом розвиненості й ефективності утилізації тепла УК. Чим менше температурний напір, тим більше поверхня нагріву й тим ефективніший УК, але вище втрата тиску на котлі. Оскільки допустима втрата тиску має певні обмеження, розрахункову проектну швидкість газу в котлі буде потрібно знизити, щоб не перевищувати межу допустимої втрати тиску газу. Низька швидкість газу має певний вплив на тенденцію до утворення відкладень сажі, яка загострилася у зв'язку з низькою якістю палив. Таким чином, якщо прийнято високу втрату тиску, можна спроектувати УК на високу швидкість газу, але якщо допускається лише невелика втрата тиску, швидкість газу буде низькою.

Допустима втрата тиску на котлі залежить від втрат тиску у всій газовипускній системі за турбокомпресором дизеля. При СМТП двигуна серії МС/МС-С і МЕ/МЕ-С, повний противотиск у системі випуску газів після турбокомпресора — визначається по статичному тиску, який заміряється як

тиск у стінки в круглій трубі після турбокомпресора — не повинний перевершувати 350 мм вод. ст. (0,035 бар) [1]. Для того, щоб мати запас противотиску для всієї системи рекомендується в стадії проектування приймати спочатку близько 300 мм вод. ст. (0,030 бар) при СМТП. Противотиск у газовипускній системі залежить від швидкості газів, тобто пропорційно швидкості газів у квадраті й звідси діаметру труби в 4-ому ступені. Рекомендується не перевищувати 50 м/с у газовипускних трубах при СМТП. Тепер стало нормальною практикою, щоб уникнути занадто великої втрати тиску, мати швидкість газів у трубах порядку 35 м/с при СМТП.

Якщо повний противотиск випуску в газовипускній системі, включаючи всі втрати на опір від труб і компонентів, задовольняє вищенаведеним вимогам — втрати тисків на кожному компоненті, таких як УК Δp_3 , глушитель Δp_2 і іскрогасник Δp_1 можуть вибиратися незалежно. Схема визначення припустимого противотиску вихлопного газу ГД на судні показана на рисунку 2.

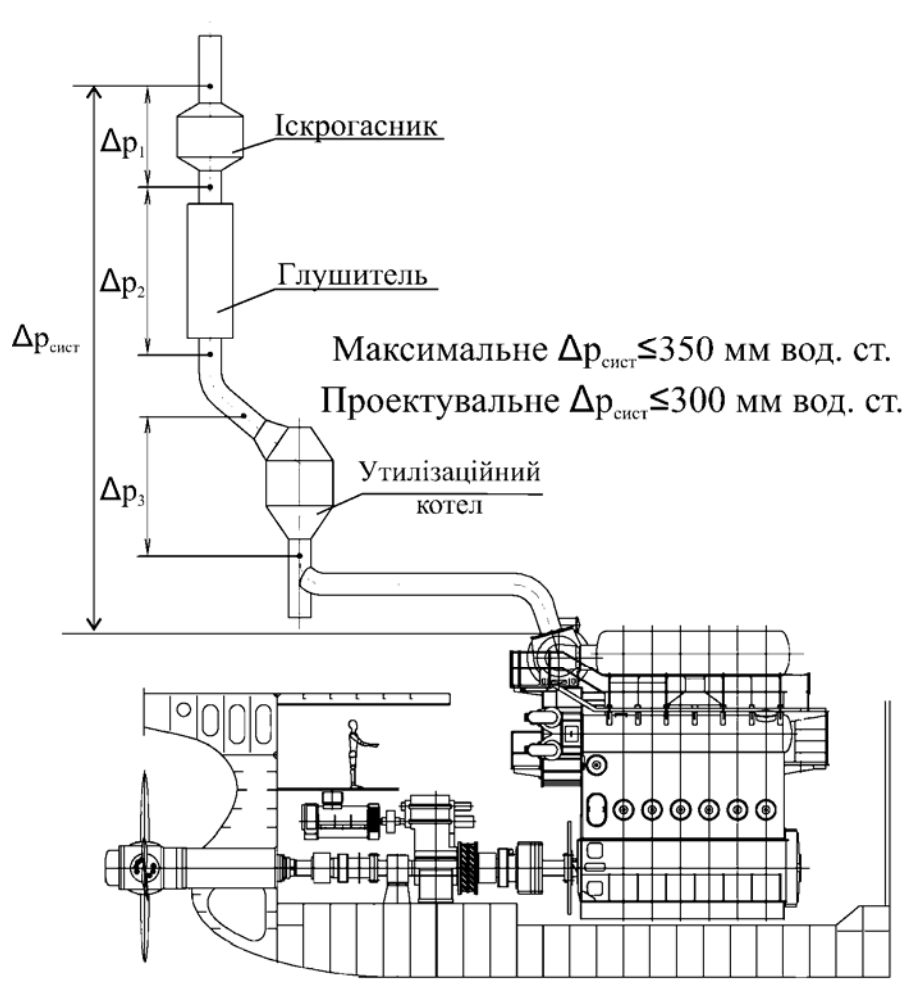


Рисунок 2. Схема визначення припустимого противотиску вихлопного газу ГД на судні

При СМТП рекомендується мати максимальну втрату тиску на УК близько 1500 Па (150 мм вод. ст.).

Аналізуючи рівняння ефективної потужності для конкретного двигуна [2]:

$$N_e = \frac{1}{60} \cdot V_s \cdot z \cdot n \cdot i \cdot \frac{Q_n}{L'_0} \cdot \frac{\eta_i}{\alpha} \cdot \eta_n \cdot \eta_m \cdot \gamma_k, \text{ кВт} \quad (1)$$

де V_s – робочий об'єм циліндра, м^3 ; z – коефіцієнт тактності; n – частота обертання колінчатого вала, хв^{-1} ; i – число циліндрів двигуна; Q_n – нижча теплота згоряння палива, кДж/кг ; L'_0 – теоретично необхідна кількість повітря для спалювання 1 кг палива, кг/кг ; η_i – індикаторний коефіцієнт корисної дії (ККД); α – коефіцієнт надлишку повітря для горіння; η_n – коефіцієнт наповнення; η_m – механічний ККД; γ_k – густина повітря, яке надходить;

та рівняння для коефіцієнта надлишку повітря:

$$\alpha = \frac{V_s \cdot \gamma_k \cdot \eta_n}{L'_0 \cdot g_u} \quad (2)$$

де g_u – подача палива на цикл, кг/цикл ;

бачимо, що при зростанні противотиску на випуску, внаслідок зменшення γ_k , η_i , η_n та η_m , ефективна потужність двигуна буде також зменшуватися, а отже, погіршиться й економічність.

При збільшенні противотиску на випуску робота двигуна також погіршується.

Збільшення гідравлічного опору випускної системи викликає підвищення тиску в циліндрах двигуна в період випуску й призводить:

- до збільшення коефіцієнта залишкових газів γ_g ;
- до росту температури кінця наповнення T_a через збільшення γ_g ;
- до збільшення роботи, затрачуваної на видалення газів із циліндра чотиритактного двигуна;
- до зменшення вагового заряду повітря.

Зменшення α (внаслідок падіння кількості повітря за один цикл ($G_{вц}$, кг) при $g_u = \text{const}$) призводить до того, що процес згоряння поширюється на більшу частину лінії розширення, отже:

- ростуть температури випускних газів;
- зростає кількість втраченого тепла з випускними газами;
- підвищується температура стінок циліндра, що призводить до збільшення теплової напруженості;
- зменшується корисна робота за цикл (зменшується індикаторна й ефективна потужність);
- погіршується економічність двигуна (зростає питома ефективна витрата палива).

Аналіз даних зміни основних параметрів робочого процесу (α , g_e , t_g) двотактного дизеля типу Д-100 залежно від противотиску на випуску показує, що збільшення $\Delta p_{\text{сист}}$ у 2 рази для двотактних дизелів мало впливає

на дані параметри (до 3...4%), тоді як подальше збільшення p_r приводить до істотно помітної їхньої зміни [3]. Двотактні ДВЗ, внаслідок властивих їм особливостей процесу газообміну, більш чутливі до противотиску на випуску, ніж чотиритактні. Це пояснюється тим, що випускні гази залишаються в циліндрі після вільного випуску, виштовхуються не поршнем, а продувним повітрям при меншому значенні перепаду тиску між продувним повітрям і відпрацьованими газами. У результаті цього процес очищення й наповнення циліндрів відбувається в більш важких умовах і більшою мірою залежить від противотиску на випуску, ніж у чотиритактних двигунів.

За даними проф. А.С. Орлина [4], для двотактних ДВЗ із прямоточно-клапанною системою продувки граничним значенням відношення тиску в випускному трубопроводі до тиску продувного повітря є приблизно 0,80, тоді як для чотиритактних ДВЗ, за даними проф. Д.А. Портнова [5], — 0,85, вище яких значно погіршується робота двигуна.

В умовах експлуатації контрольним обмежувальним параметром граничного значення тиску в випускному трубопроводі p_r звичайно є температура відпрацьованих газів. Таким чином, в умовах експлуатації, особливо у випадку одночасної дії підвищеного опору на впуску й противотиску на випуску, користуватись обмежувальними характеристиками, які розробляються для конкретного двигуна, необхідно зменшувати подачу палива з метою запобігання перевантаження. В установці на судні контроль за противотиском газів на випуску здійснюється за допомогою ртутних п'єзометрів або спеціальних манометрів.

Зменшення газодинамічних втрат від противотиску у газовихлопі дизеля та теплообмінних втрат в УК через відкладення сажі відбуваються завдяки впровадженню способу ударно-акустичного очищення зовнішніх поверхонь нагріву теплообмінників, на який отримано позитивне рішення на публікацію патенту. Поставлена мета досягається тим, що одночасно із впливом ударних хвиль на поверхню нагріву, на неї діють акустичні хвилі, які зумовлюють виникнення резонансно-акустичного імпульсу. У запропонованому способі ударно-акустичного очищення використовується мембранний генератор пневматичних імпульсів (ГПІ), що працює на стисненому повітрі, на який виданий патент України [6]. Схема розміщення ГПІ на утилізаційному котлі наведена на рисунку 3.

Такі схеми компонування ГПІ й установка вихлопних сопел попередньо вибираються залежно від виду поверхні, що очищається, розмірів зон і характеру забруднення поверхні й уточнюються при розрахунку ГПІ та побудові хвильових полів. Ефективність очищення досягається в тих випадках, коли тиск у хвилі ΔP перед поверхнями, які очищають, становить 140...160 дБ. Взаємодія ударних хвиль і супутніх резонансно-акустичних коливань із шаровими відкладеннями має складний характер. Ці резонансно-акустичні імпульси можна забезпечити шляхом спрямовування ударних хвиль у конвективні об'єми. Особливе розташування гарантує формування резонансно-акустичного впливу на відкладення та їхнє транспортування.

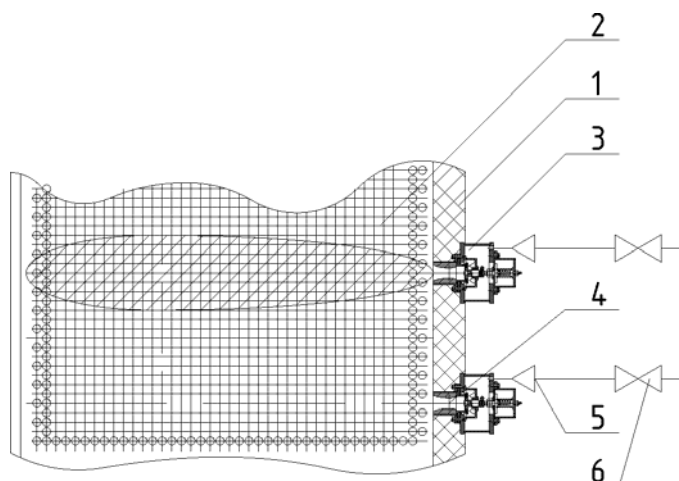


Рисунок 3. Схема розміщення ГПІ на УК:

1 – УК; 2 – економайзерна поверхня; 3 – ГПІ; 4 – вихлопні профільовані сопла; 5 – трубопроводи стисненого повітря; 6 – клапани.

Побудова хвильових полів виконується з використанням експериментальної установки при зміні в широкому діапазоні геометричних, фізичних та режимних параметрів. При стендових дослідженнях характеристик хвильових полів, які створюються ГПІ, фіксуються: тиск у хвилі ΔP , зміна його залежно від відстані $R(D)$ і кута α від осі ГПІ, інтенсивність випромінювання, спрямованість випромінювання, хвильова потужність тощо. Акустичний та вібраційний вплив на відкладення сажі вимірюються за допомогою вимірювача шуму і вібрації ВШВ-003, який забезпечує динамічний діапазон вимірювання середніх квадратичних значень рівня звуку від 25 до 140 дБ в діапазоні частот 10...20000 Гц. Робота цього приладу побудована на принципі перетворення звукових і механічних коливань досліджуваних об'єктів у пропорційні їм електричні сигнали, які потім підсилюються й вимірюються. У якості перетворювача звукових коливань в електричні сигнали використовується вимірювальний мікрофон М101. Електричний сигнал, який пропорційний звуковому тиску, підсилюється до величини, необхідної для нормальної роботи середньоквадратичного детектора, а потім надходить до стрілочного електромеханічного приладу, за допомогою якого відраховується вимірювана величина в децибелах. Спектральний аналіз здійснюється за допомогою октавних фільтрів, розміщених у приладі. Для перетворення механічних коливань в електричні сигнали використовується перетворювачі п'єзоелектричні вібровимірювальні ДН-3 і ДН-4. Електричні сигнали, які знімаються з віброперетворювачів, пропорційні віброприскоренню коливального об'єкта, перетворюються інтегрувальним пристроєм, розміщеним у приладі.

Висновки. Установлений комплексний критерій ефективності процесу ударно-акустичного очищення враховує газодинамічні втрати від

противотиску у газовихлопі ГД та теплообмінні втрати в УК через відкладення сажі на ТП.

Збільшення противотиску призводить до погіршення роботи двигуна у першу чергу внаслідок зменшення масового заряду повітря, що надходить у циліндр.

Розрахунки і моделювання пропонованого методу очищення ТП дають змогу інтенсифікувати теплопередачу, поліпшити аеродинамічну характеристику УК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. MAN B&W S60MC-C7 Project Guide. Camshaft Controlled Two-stroke Engines : 20 chapters / – Copenhagen SV, Denmark : MAN Diesel, 2009. – Chapter 15 : Exhaust Gas. – 2009. – 16 p.
2. Судовые двигатели внутреннего сгорания: учебник / [Фомин Ю.Я., Горбань А.И., Добровольский В.В. и др.]. – Л. : Судостроение, 1989. – 344 с.
3. Теоретические основы эксплуатации судовых дизелей / [Гиттис В.Ю., Бондаренко В.А., Ефимов Т.П. и др.]. – М. : Транспорт, 1965. – 376 с.
4. Двигатели внутреннего сгорания : в 3 т. / [Орлин А.С., Вырубов Д.Н., Калиш Г.Г. и др.]; под ред. проф. А.С. Орлина. – [2-е изд.]. – М. : МАШГИЗ, 1957. – Т. 1 : Рабочие процессы в двигателях и их агрегатах. – 1957. – 396 с.
5. Портнов Д.А. Быстроходные турбопоршневые двигатели с воспламенением от сжатия. Теория, рабочий процесс и характеристики. – М. : Машиностроение, 1963. – 638 с.
6. Патент України № 85120 С2, МПК 2006 F28G 1/00. Генератор пневматичних імпульсів / М.Ю. Багненко, В.С. Самохвалов (Україна). – № а200703952; Заявлено 10.04.2007; Опубл. 25.12.2008, Бюл. № 24.

ІНЖЕНЕРНІ НАУКИ

УДК 621.58:519+[621.89+669.7]:621.58

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ НАМОРОЖУВАННЯ ЛЬОДУ ТА УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ БАРАБАННОГО ЛЬОДОГЕНЕРАТОРА

*Онiщенко В.Т., Занько О.М., Гришкорiн А.Г.,
Одеська нацiональна морська академiя*

Вступ. Серед рiзних видiв льоду, що виробляють iснуючi типи льодогенераторiв, лускатий лiд (ice slurry) видiляється мiцнiсними властивостями, довгостроковим зберiганням, якщо його окремi частинки на момент сколювання з поверхнi барабану мають середньомасову температуру, нижчу за мiнус 6–7 °С. Це зумовлює широке застосування лускатого льоду в енергозберiгаючих системах, переробних галузях агропромислового комплексу, як компонент вторинних холодоносiїв, при ремонтi корпусiв суден, у системах акумуляцiї холоду та кондицювання повітря на суднах та на промислових пiдприємствах [1–3]. Прямих експериментальних дослiджень динамiки формування тонкого (1–3 мм) шару льоду на поверхнi барабану льодогенератора майже немає, а математичнi моделi вiдповiдного процесу частiше носять характер балансових спiввiдношень [4–6]. Такi моделi дають можливiсть розрахувати загальну продуктивнiсть льодогенератора, не можуть бути проаналiзованi вiдносно динамiки змiни товщини шару льоду в часi, не дозволяють розробити алгоритми проектування льодогенератора та його управлiння для реалiзацiї виробництва рiзних за характеристиками частинок льоду тощо. Бiльш ефективними в цьому планi є математичнi моделi, що базуються на нелiнiйних крайових задачах теплопровiдностi, як це в лiнiйному варiантi показано в [1, 3]. Тому в данiй роботi вибрано саме цей напрям у моделюванні процесiв наморозування льоду з урахуванням специфіки процесiв тепломасообмiну, зокрема, рухомостi границі роздiлу фаз вода-лiд, урахування теплоти, що переносить стефанів потiк молекул.

Мiжнароднi угоди щодо вилучення фреонiв та їх розчинiв з холодильної техніки ведуть до “повернення” в цю техніку амiаку та дiоксиду вуглецю, актуальностi задач iз удосконалення вiдповiдних iснуючих охолоджувальних систем. Суттєву перспективу тут мають амiачнi холодильні установкi з мастилом, що розчинне в амiаку [7, 8]. Тут реально досягати високих значень коефiцiєнтiв тепловiддачi при кипiннi амiаку, достатньо повно використати його термодинамiчну ефективнiсть, малi масовi дози заправки в холодильну систему, вiдносну малу екологiчну небезпечнiсть. Тому в данiй роботi бiльш доцiльно провести розрахунки на прикладi саме амiачного барабанного льодогенератора.

Теплофізичні властивості конструкційних матеріалів, води (водного розчину) та льоду, їх залежність від температури мають грати суттєву роль у динаміці наморозування льоду та його властивостей, продуктивності льодогенератора та його економічної ефективності. У цьому плані нержавіюча сталь 12Х18Н10Т задовольняє багатьом вимогам як конструкційний матеріал для барабану, але має суттєвий недолік — низькі значення теплопровідності. Алюміній-магнієві сплави типу Амг5, Амг6 можуть стати тут задовільною альтернативою [1, 9].

Математична модель та розрахункові співвідношення.

Моделювання процесу наморозування льоду здійснено шляхом формулювання крайової задачі теплопровідності з рухомою границею розділу фаз вода–лід. Як уже відмічалось, такий підхід є більш доцільним, оскільки дозволяє взаємопогодженим чином обчислити найбільшу кількість факторів, які впливають на протікання процесу та мають практичне значення. Найбільш серйозне припущення при формулюванні крайової задачі в циліндричній системі координат, яке необхідно зробити, це незалежність температурних полів від кутової координати. Це обумовлено малими значеннями теплопровідності льоду при зміні його товщини $\delta(\tau)$ зі зміною кутової координати (те ж саме, зі зміною часу обертання барабана τ).

Позначивши внутрішній радіус барабана через r_0 , товщину цієї стінки через R , запишемо рівняння теплопровідності разом з граничними та початковими умовами для температурних полів шару льоду – $t(r, \tau)$, стінки барабану – $t_m(r, \tau)$:

$$c(t) \rho(t) \frac{\partial t(r, \tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda(t) \cdot r \cdot \frac{\partial t(r, \tau)}{\partial r} \right), \quad \tau > 0, r \in [r_0 - \delta(\tau), r_0], \quad (1)$$

$$c_m(t) \rho_m(t) \frac{\partial t_m(r, \tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda_m(t_m) \cdot r \cdot \frac{\partial t_m(r, \tau)}{\partial r} \right), \quad \tau > 0, r \in [r_0, r_0 + R], \quad (2)$$

$$t(r_0, \tau) = t_m(r_0, \tau) = t_{cm}(\tau), \quad (3)$$

$$\lambda(t(r_0, \tau)) \frac{\partial t(r_0, \tau)}{\partial r} = \lambda_m(t_m(r_0, \tau)) \frac{\partial t_m(r_0, \tau)}{\partial r}, \quad (4)$$

$$-\lambda_m(t_m(r_0 + R, \tau)) \frac{\partial t_m(r_0 + R, \tau)}{\partial r} = \alpha_0 \cdot [t_m(r_0 + R, \tau) - t_0], \quad (5)$$

$$-\lambda(t(r_0 - \delta(\tau), \tau)) \cdot N \cdot \frac{\partial t(r_0 - \delta(\tau), \tau)}{\partial r} = \alpha_B \cdot N \cdot [t_B - t(r_0 - \delta(\tau), \tau)] + \rho(t_{kp}) \cdot L(t_{kp}) \cdot \frac{d\delta(\tau)}{d\tau}, \quad (6)$$

$$t(r_0 - \delta(\tau), \tau) = t_{kp}, \quad (7)$$

$$t_m(r,0)=f(r), \quad (8)$$

$$\delta(0)=0. \quad (9)$$

Тут і нижче індекс “m” відносить теплофізичні властивості та температуру до матеріалу барабана льодогенератора, індекс „0” відносить температуру t_0 та коефіцієнт тепловіддачі α_0 до киплячого холодоагента, а температура t_B і коефіцієнт тепловіддачі α_B відносяться до потоку води чи розсолу, що омиває стінку барабана чи шар уже наморозеного льоду. Відповідно $t_{кр}$ є температурою початку кристалізації води з розчину чи чистої води (0°C), $\rho(t_{кр})$ – густиною льоду і $L(t_{кр})$ – теплотою фазового перетворення вода – лід при цій температурі. Гранична умова (3) „зшиває” температурні поля на границі стінка барабана – лід, а (4) – „зшиває” теплові потоки на цій границі. Гранична умова (5) прирівнює теплові потоки на границі киплячий холодоагент – стінка барабана, а умова (6) відповідно задає баланс теплових потоків на границі лід – вода (розсіл). Права частина (6) ураховує конвективний тепловий потік між рідиною і поверхнею льоду та теплоту фазового перетворення вода – лід, що виділяється на цій же границі. При цьому наморозування льоду відбувається за рахунок молекул води, що рухаються перпендикулярно поверхні намерзаючого льоду (стефанів потік), [6]. З іншого боку, потік цих молекул води з пограничного дифузійного шару, призводить до змін у динамічному і тепловому пограничних шарах, відповідно збільшує коефіцієнт тепловіддачі на цій границі та градієнт температур. Якщо припустити, що це збільшення двох величин однакове, у N разів зліва та справа від границі, то одержимо граничну умову (6). Початкові умови (8, 9) формально очевидні, функція $f(r)$ має враховувати неперервність сколювання льоду з поверхні барабана.

Звернемо увагу на однорідність диференційних рівнянь (1, 2) та можливість [10] побудови скінченно-різницевої апроксимації крайової задачі з локальним усередненням значень теплофізичних властивостей конструкційного матеріалу та лускатого льоду в околах $efgh$ кожного окремого вузла інтегрування, тобто при виконанні не рівнянь (1, 2), а співвідношення виду ($efgh$ – прямокутній контур, що охоплює (x_i, τ_j) вузол скінченно-різницевої схеми)

$$\iint_{efgh} r \cdot c(t) \rho(t) \frac{\partial t(r, \tau)}{\partial \tau} \cdot dr d\tau = \iint_{efgh} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda(t) \cdot r \cdot \frac{\partial t(r, \tau)}{\partial r} \right) \cdot dt d\tau.$$

Для чисельного аналізу крайової задачі (1, 9) можливо також використати і так званий метод прямих – тут похідні температурного поля в часі τ апроксимуються кінцево-різницевими співвідношеннями, а рівняння, що виникають, разом із граничними умовами інтегруються як звичайні диференційні рівняння (температурне поле в наступний момент часу

виражається як інтеграл, що залежить від параметра та температурного поля в попередній момент часу). Підінтегральні вирази містять при цьому ядра – різниці перехресних добутоків модифікованих функцій Бесселя першого і другого родів, нульового та першого порядків.

У лінійному варіанті ($c, \rho, \lambda = \text{Const}$) крайова задача (1-9) може бути розв'язана в термінах рядів Фур'є за власними функціями Бесселя першого та другого роду. Але, для розрахунку характеристик процесів тонкошарового намерзання льоду протягом декількох секунд таке рішення не може бути реалізовано чисельно, оскільки такі ряди Фур'є дуже повільно збігаються. Простий напівемпіричний розв'язок одержимо тут, якщо використати стаціонарний розподіл температур у циліндричній стінці і, відповідно, шукати його у вигляді функцій

$$t(r, \tau) = C_1 \cdot \ln\left(\frac{r}{r_0}\right) + C_2, \quad t_m(r, \tau) = C_3 \cdot \ln\left(\frac{r}{r_0}\right) + C_4. \quad (10)$$

При цьому не будемо задовольняти рівняння (1, 2), а тільки (3-9). Послідовна підстановка (10) в (3, 4, 5, 7) приводить до $C_2 = C_4 = t_{ct}(\tau)$, $\lambda C_1 = \lambda_m C_3$ та виразу для розрахунку температури стінки (3) в часі

$$t_{cm}(\tau) = \frac{\frac{\lambda \cdot \lambda_m t_{kp} + \lambda \cdot \alpha_0 \cdot t_{kp} \cdot \ln \frac{r_0 + R}{r_0} - \lambda_m \alpha_0 \cdot t_0 \cdot \ln \frac{r_0 - \delta(\tau)}{r_0}}{\frac{\lambda \cdot \lambda_m}{r_0 + R} + \lambda \cdot \alpha_0 \cdot \ln \frac{r_0 + R}{r_0} - \lambda_m \alpha_0 \cdot \ln \frac{r_0 - \delta(\tau)}{r_0}} \quad (11)$$

Температурне поле шару льоду змінюється в часі як

$$t(r, \tau) = t_{ct}(\tau) - \frac{\lambda_m \cdot \alpha_0 \cdot [t_{ct}(\tau) - t_0]}{\frac{\lambda \cdot \lambda_m}{r_0 + R} + \lambda \cdot \alpha_0 \cdot \ln \frac{r_0 + R}{r_0}} \cdot \ln \frac{r}{r_0}. \quad (12)$$

Підстановка виразу (12) до граничної умови Стефана (6) призводить до звичайного диференційного рівняння з розділючими змінними

$$\begin{aligned} d\tau &= \frac{\rho \cdot L \cdot Z}{N \cdot E} \cdot [r_0 - \delta(\tau)] \cdot d\delta(\tau), \\ z &= \frac{\lambda \cdot \lambda_m}{r_0 + R} + \lambda \cdot \alpha_0 \cdot \ln \frac{r_0 + R}{r_0} - \lambda_m \alpha_0 \cdot \ln \frac{r_0 - \delta(\tau)}{r_0}, \\ E &= \lambda \cdot \lambda_m \cdot \alpha_0 (t_{kp} - t_0) - \alpha_B [r_0 - \delta(\tau)] (t_B - t_{kp}) \cdot z. \end{aligned} \quad (13)$$

Якщо ввести малий параметр $x = \frac{\delta(\tau)}{r_0} \ll 1$, то рівняння (13) можна переписати у вигляді

$$d\tau = C \left\{ 1 - \frac{B}{B + (1-x)[A - \ln(1-x)]} \right\} dx, \quad (14)$$

$$\text{де } A = \frac{\lambda}{\alpha_0(r_0 + R)} + \frac{\lambda \cdot \ln(\frac{r_0 + R}{r_0})}{\lambda_m}, \quad B = \frac{\lambda(t_{kp} - t_0)}{\alpha_B r_0(t_{kp} - t_B)}, \quad C = \frac{\rho \cdot L \cdot r_0}{N \alpha_B(t_{kp} - t_B)}.$$

Розклад правої частини в ряд по x дає можливість провести наближене інтегрування (14)

$$\tau = C \left\{ x - B \left[C_0 x + C_1 \frac{x^2}{2} + C_2 \frac{x^3}{3} + C_3 \frac{x^4}{4} + \dots \right] \right\} \quad (15)$$

При цьому ряд у квадратних дужках достатньо швидко збігається, а

$$C_0 = \frac{1}{A+B}, \quad C_1 = \frac{A-1}{(A+B)^2}, \quad C_2 = \frac{2(1-A)^2 + A+B}{2(A+B)^3}, \quad C_3 = \frac{(A+B)^2 - 6(1-A)^3 - 6(A+B)(1-A)}{6(A+B)^4}.$$

Інтегруванням (12) знаходимо також середньооб'ємну температуру частинок льоду, що утворились за час τ (один оберт барабана)

$$t_v(\tau) = \frac{2}{2r_0\delta - \delta^2} \int_{r_0-\delta(\tau)}^{r_0} r \cdot t(r, \tau) \cdot dr = t_{CT}(\tau) + \frac{\lambda_m \cdot \alpha_0 \cdot [t_{CT}(\tau) - t_0]}{\frac{\lambda \cdot \lambda_m}{r_0 + R} + \lambda \alpha_0 \ln \frac{r_0 + R}{r_0}} \cdot \left[\frac{(r_0 - \delta)^2}{2r_0\delta - \delta^2} \cdot \ln \frac{r_0 - \delta(\tau)}{r_0} + \frac{1}{2} \right].$$

Результати розрахунків та їх аналіз.

Одержані вище співвідношення можуть бути використані в квазілінійному варіанті поставленої задачі, якщо з літературних джерел залучити експериментальні дані з теплофізичних властивостей води, льоду та конструкційних матеріалів та провести апроксимацію їх залежності від температури. Розрахунки починаються з завдання значень внутрішнього діаметру $D_B = 2r_0$ барабану, його висоти L_B , температури кипіння холодоагенту t_0 та відповідного коефіцієнту тепловіддачі α_0 при його кипінні, температури води (розсолу) t_B та її витрат G_{H_2O} з розрахунком коефіцієнту тепловіддачі α_B і температури t_{kp} початку кристалізації води. Після цих розрахунків задається необхідне за технологічних умов значення δ товщини частинки лускатого льоду і розраховується за формулою (15) період обертання барабана чи його сколюючих ножів відносно поверхні барабана (число обертів $n_0 = 60/\tau$) та масова продуктивність льодогенератора $G_{ice} = \pi \cdot D_B \cdot L_B \cdot \rho \cdot \delta / \tau$. При цьому контролюється значення середньо-об'ємної температури частинок льоду t_v , яке може бути змінено до необхідного значення зміною температури кипіння холодоагента та його витрат через барабан льодогенератора, зміною температури води, її витрат та характеру теплообміну на границі вода – лід (струминне омивання поверхні барабана, потік води (розсолу) через весь його внутрішній переріз).

Проведені апробаційні розрахунки показали задовільну узгодженість з даними [11] щодо закономірності зміни товщини шару льоду $\delta(\tau)$ з часом у граничному випадку $r_0 \rightarrow \infty$.

Використання мастила, розчинного в аміаку, призводить до суттєвого підвищення значень коефіцієнту тепловіддачі α_0 в порівнянні з використанням мінеральних масел, зокрема, ХА -30. За даними [8] ці значення становлять близько 9100 проти 2000-2500 Вт/(м²К) і ми використали ці дані при розрахунках. Також для порівнянь результатів представляє інтерес введення відносної продуктивності льодогенератора $G_{\text{відн}}$ – як відношення масової продуктивності льодогенератора G_{ice} до витрат води через льодогенератор $G_{\text{H}_2\text{O}}$. На рис. 1 представлено розрахункові характеристики льодогенератора та їх порівняння при використанні двох конструкційних матеріалів та розчинного в аміаку мастила – відносні продуктивності льодогенератора при цьому суттєво відрізняються.

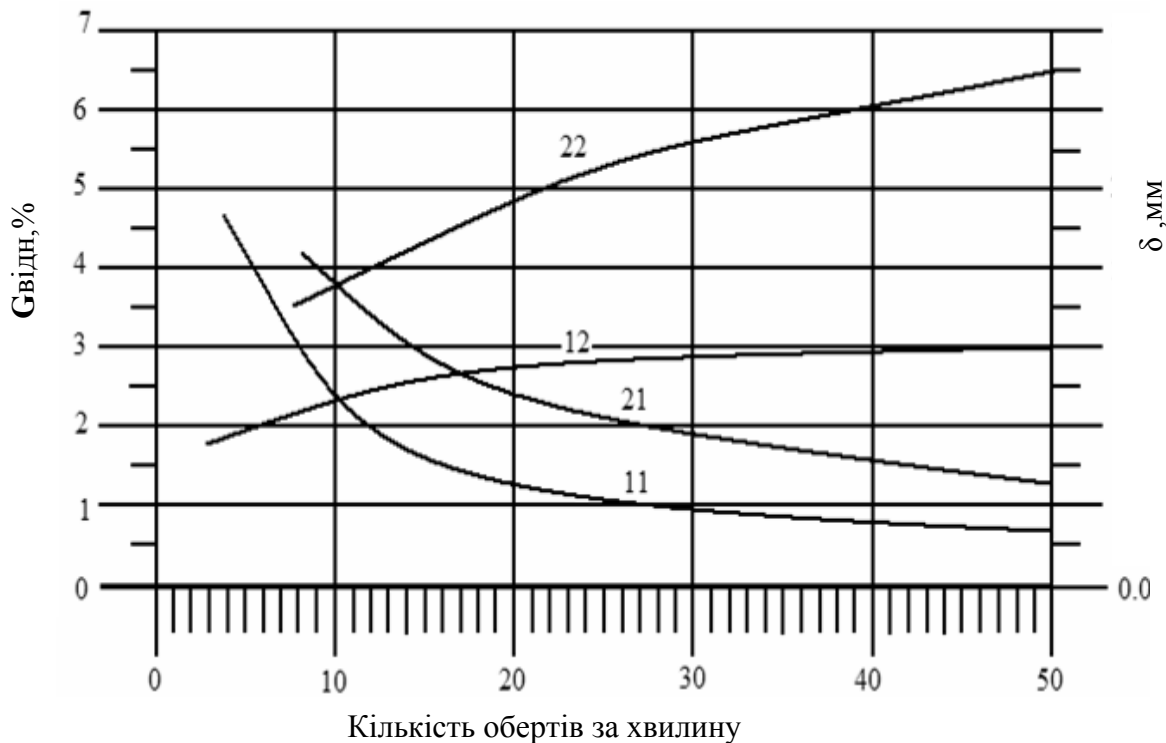


Рисунок 1. Товщина шару заморожуваного льоду та відносна продуктивність льодогенератора, виготовленого зі сталі 12X18H10T ($R = 8$ мм, криві 11 та 12) та сплаву АМг5 ($R = 12$ мм, криві 21 та 22) у залежності від кількості обертів барабана ($t_B = 4^\circ\text{C}$, $G_{\text{H}_2\text{O}} = 30 \text{ м}^3/\text{год}$, $t_0 = -30^\circ\text{C}$, $\alpha_0 = 9100 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$, $D_B = 340 \text{ мм}$, $L_B = 1000 \text{ мм}$)

На рис. 2 одержані результати демонструють прямий вплив на характеристики роботи льодогенератора значень коефіцієнту тепловіддачі (вимору мастила в аміачному апараті) при кипінні холодоагента. Закономірності, що зображені на рис. 3, дають змогу визначати зону режимних параметрів льодогенератора, що характеризуються середньооб'ємними температурами не вищими, наприклад, ніж мінус 5°C .

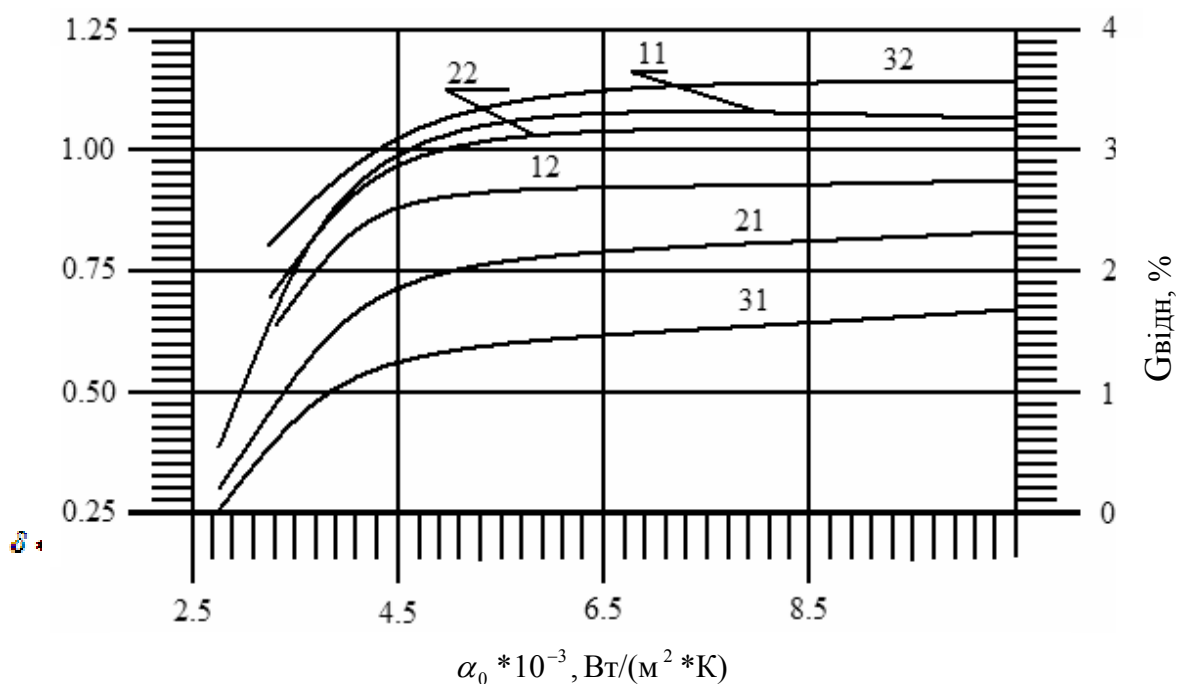


Рисунок 2. Товщина шару наморозуваного льоду (криві 11, 21, 31) та відносна продуктивність (криві 12, 22, 32) льодогенератора в залежності від значення коефіцієнта тепловіддачі при трьох значеннях кількості обертів $n_0 = 10, 15, 20$ об./хв. ($G_{H_2O} = 30 \text{ м}^3/\text{год}$, $t_B = 4^\circ\text{C}$, $D_B = 450 \text{ мм}$, $L_B = 1000 \text{ мм}$, $R = 12 \text{ мм}$, АМГ5)

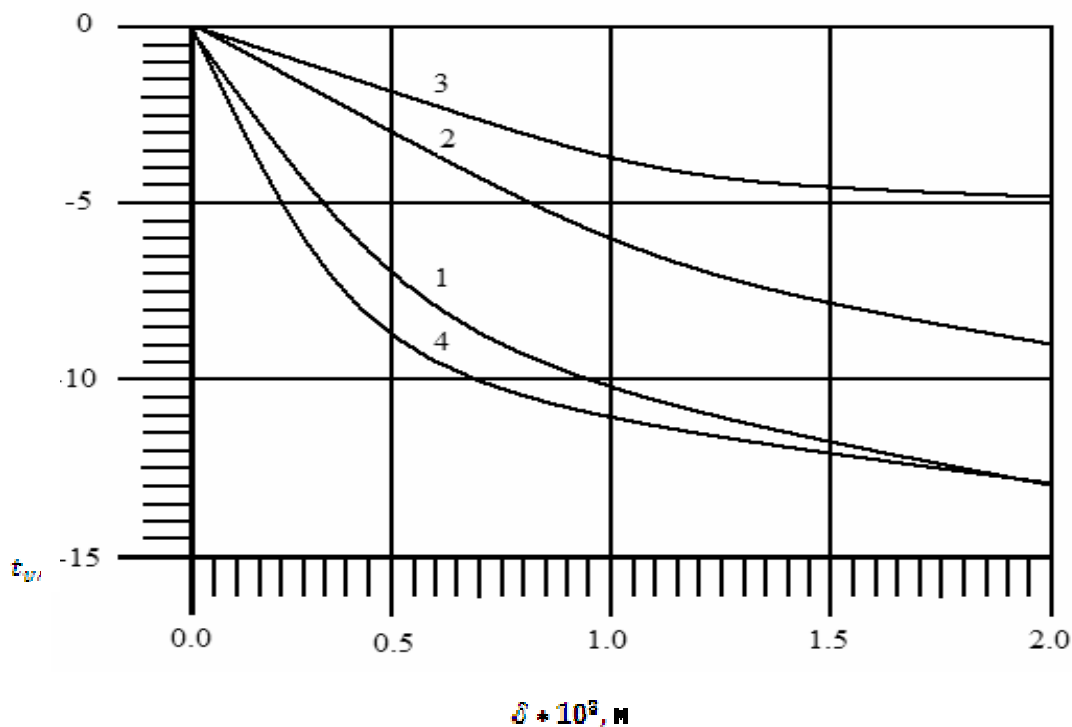


Рисунок 3. Середньооб'ємна температура сколеного льоду в залежності від його товщини ($t_B = 4^\circ\text{C}$, $G_{H_2O} = 30 \text{ м}^3/\text{год}$, $\alpha_0 = 9100 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $D_B = 340 \text{ мм}$, $L_B = 1000 \text{ мм}$: 1 – АМГ5, $t_0 = -30^\circ\text{C}$, $R = 12 \text{ мм}$; 2 – 12Х18Н10Т, $t_0 = -30^\circ\text{C}$, $R = 8 \text{ мм}$; 3 – АМГ5, $t_0 = -12^\circ\text{C}$, $R = 12 \text{ мм}$; 4 – лінія значень при різноманітних початкових профілях температур)

Висновки. Розроблена математична модель є достатньо простою і легко може бути використана для управління експлуатацією льодогенератора барабанного типу в залежності від технологічних вимог до характеристик лускатого льоду, продуктивності льодогенератора. Розрахунки за представленими співвідношеннями показали суттєву економічну ефективність вибору АМг5, як конструкційного матеріалу, з використанням розчинного в аміаку мастила. У цьому плані стає актуальною задача уточнення одержаних у даній роботі результатів шляхом чисельного аналізу нелінійного варіанту крайової задачі (1-9).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Барабанные морозильные аппараты / [Фомин Н.В., Менин Б.М., Ржевская В.Б., Гуйго Э.И.]; под общей ред. Гуйго Э.И. – Л. : Машиностроение, 1986. – 160 с.
2. Оніщенко В.П. Вторинні холодоносії // Холод М+Т. – 2005. – № 5. – С. 26–31.
3. Оніщенко В.П., Хоменко О.В. Акумулятори холоду // Холод М+Т. – 2003. – № 4. – С. 32–35.
4. K.-J. Kim, S.-H. Lee, J. Ulrich. Experimental Thermal Conductivity of Ice Crystalline Layer in Layer Melt Crystallization / J. Ind. Eng. Chem. – 2003. – Vol. 9, № 2. – P. 111–116.
5. Finer S.I., Cleland A.C., Lovatt S.J. Simple mathematical model for predicting the transient behaviour of an ice-banc system / Int. J. of Refrigeration. – 1993. – Vol. 16, № 5. – P. 312–320.
6. Шаталина И.Н. Теплообмен в процессах намораживания и таяния льда. – Ленинград : Энергоиздат, 1990. – 120 с.
7. Патент № 48172, Україна (UA)/ C2/ 7 C10M133/04 133/24/. Компресорне масло / Чумак І.Г., Оніщенко В.П., Желєзний В.П., Танчук Ю.В., Дець М.М., Овчаренко В.С., Карєв В.І. – Опубл. 15.08.2002, Бюл. № 8.
8. NH₃-lösliches Öl ermöglicht Trockenexpansion und Fullmengenreduzierung // Kalte- und Klimatechn. – 1992. – 45. – № 11. – P. 868, 870–872, 874.
9. Кожевников И.Г., Новицкий Л.А. Теплофизические свойства материалов при низких температурах : справочник. – 2-е издание, перер. и дополн. – М. : Машиностроение, 1982. – 328 с.
10. Onistchenko V.P., Vjazovsky V.P., Gnatiuk P.G. The calculation of the processes of refrigeration technology at the foodstuff processing on the processing line // Proceedings of the XVIII-th International Congress of Refrigeration, Montreal, Quebec, Canada, August 10–17, 1991. – Paris: IIR, 1991. – Vol. III. – P. 1947–1950 (Report No 385).
11. Чуклин С.Г., Парцхаладзе Э.Г. Намораживание льда на плоской стенке в воде переменной температуры. – Холодильная техника и технология. – Киев : Техника, 1970. – вып. № 10. – С. 82–88.

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ БЕЗКАНАТНОГО ЛІФТА

*Молчанов А.О., Казанчан А.К., Кузнєцов Ю.М.,
Херсонський державний морський інститут*

Вступ. У підйомно-транспортній техніці разом із удосконаленням традиційних засобів канатного підйому розвивається принципово інший, механічного типу напрям із розробки та створення засобів і систем безканатного підйому [1, 2].

Актуальність дослідження. Безканатний механічний підйомник є самохідним вантажоносієм, що переміщується по вертикальній або складній просторовій трасі за допомогою автономного механізму пересування, який може бути обладнаний одним із трьох типів рушіїв – гвинтовим, зубчастореєчним або колісно-рейковим (фрикційним). На наш погляд колісно-рейкові рушії найбільш перспективні, оскільки володіють такими істотними перевагами, як високий коефіцієнт корисної дії (ККД), низька енергоємність, компактність і простота конструкції.

Постановка задачі. Підвищити надійність та довговічність механізму пересування безканатного ліфта шляхом усунення зі структури зайвих зв'язків.

Під час розробки подібних механізмів пересування принциповим є вибір раціональних способів і засобів забезпечення примусового притискання ведучих коліс до рейкового шляху на вертикальних і похилих трасах руху.

Природно, що при виборі способу примусового притискання орієнтуються, перш за все, на силові можливості, властиві будь-якому транспортному пристрою. Мова йде про сили гравітації, що виявляються під час дії маси вантажоносія і транспортного вантажу. Проте традиційний підхід до питання забезпечення нормального навантаження в зонах стикання ведучих коліс у даному випадку ускладнений низкою обставин.

Механізм пересування фрикційного підйомника повинен забезпечувати такі операції:

- перетворення дії маси вантажоносія і вантажу, що транспортується, у зусилля притискання ведучих коліс до рейок при автоматичному виборі значень зусилля залежно від виникаючого опору руху;
- збільшення зовнішнього навантаження, що сприймається з боку вантажоносія, корисним вантажем і передачі його під прямим кутом до напрямку дії маси при плоскопаралельному переміщенні ведучих коліс у бік рейок;
- рухливість складових елементів відповідно один до одного, що необхідна як для перетворення зовнішнього навантаження в зусилля

притискання, так і для компенсації геометричної недосконалості рейкового шляху, що виникає внаслідок прогинів, неточностей монтажу, зносу тощо.

Найбільш повно вказаним вимогам задовольняють, на наш погляд, колісно-рейкові механізми пересування з шарнірно-важільними притискними пристроями.

Ходові випробування одного з перших експериментальних зразків ліфта [3] вантажопідйомною силою 2 кН показали, що застосована тут багатоконтурна шарнірно-важільна система механізму притискання ведучих коліс до вертикальних рейок має значний опір, небажаний при само-настроюванні з силової і кінематичної точок зору (автоматичне стеження за геометрією траси руху та змінами опору руху при гарантованому контакті між колесами і рейками). Як з'ясувалося, причина тому – наявність зайвих зв'язків.

Викладення основного матеріалу. Підрахуємо число зайвих зв'язків q механізму пересування експериментального ліфта, структурна схема якого представлена на рисунку 1, за формулами Малишева і Озола [4, 5]:

$$q = w + \sum_{i=1}^{i=5} ip_i - 6n, \quad (1)$$

$$q = w + 6k - f, \quad (2)$$

де w – рухомість механізму;

p_i – число кінематичних пар 1-го класу;

n – число рухомих ланок;

k – число незалежних контурів, що відрізняються від інших як мінімум однією ланкою або однією кінематичною парою,

$$k = p - n;$$

p – число кінематичних пар,

$$p = p_V + p_{IV} + p_{III} + p_{II} + p_I;$$

f – сума рухомостей кінематичних пар,

$$f = p_V + 2p_{IV} + 3p_{III} + 4p_{II} + 5p_I.$$

Раціональність структури механізму підтверджується результатами розрахунку за Малишевим – Озолом і додаткових досліджень рухомостей у контурах.

Проведені розрахунки згідно з залежностями (1) і (2) при $w = 12$, $n = 27$, $p_V = 40$, $p_{IV} = 12$ однієї з перших конструкцій безканатного ліфта, а також аналіз рухомостей у контурах підтверджують, що тут наявні 98 зайвих зв'язків.

Така схема механізму працює тільки за рахунок невинуватених завищених зазорів у кінематичних парах і непередбачених деформацій ланок.

У конструкції явно бракує рухомості щодо вертикальної і горизонтальної осей системи шарнірно-важільного механізму пересування. Тому до його складу необхідно ввести кінематичні пари, що володіють кутовими рухомостями відносно цих осей.

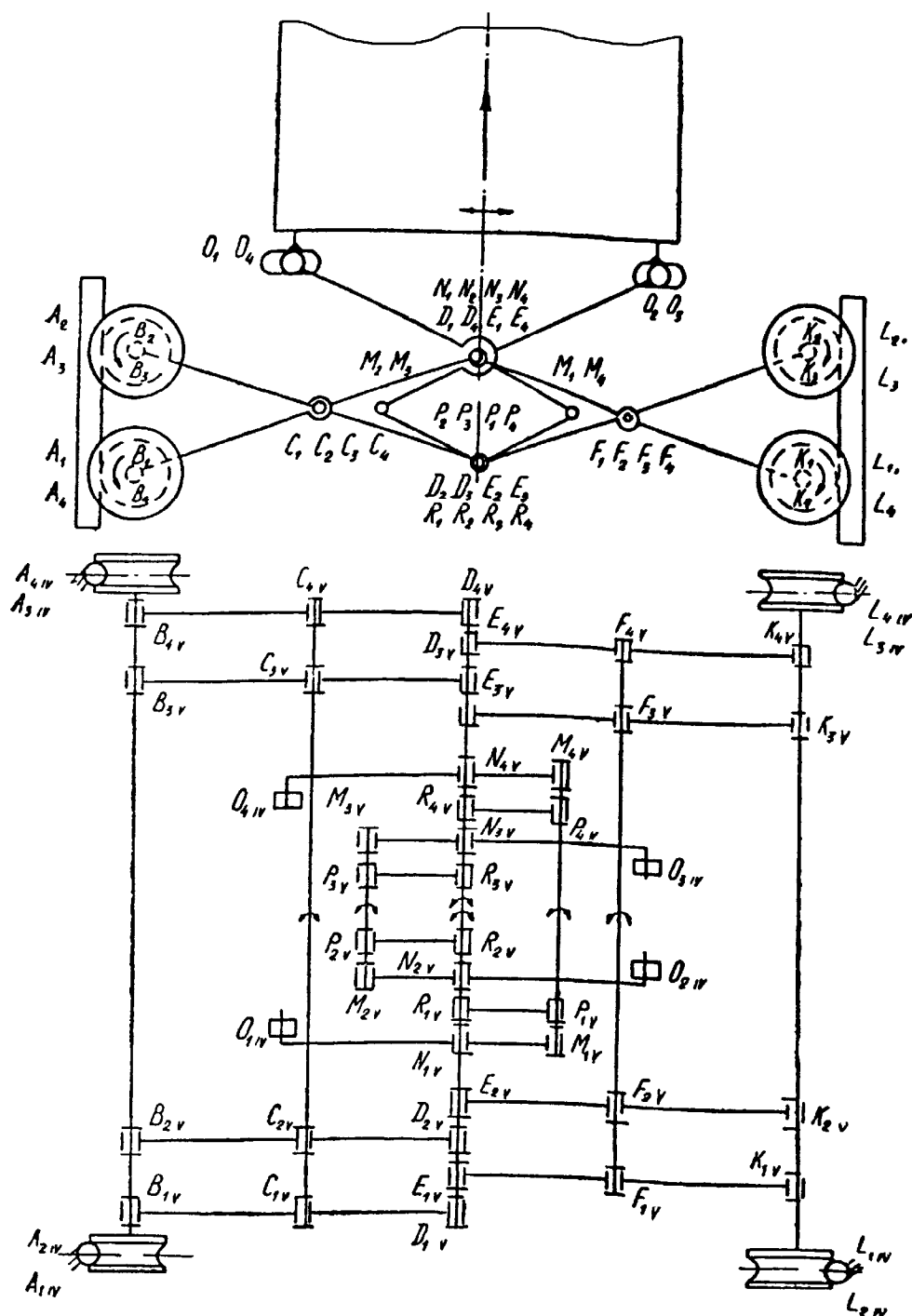


Рисунок 1. Структурна схема механізму пересування експериментального ліфта

Одна з можливих структурних схем механізму пересування без зайвих зв'язків показана на рисунку 2. У ньому $w = 17$, $n = 43$, $p_v = 23$, $p_{IV} = 9$, $p_{III} = 30$. Перевірка за залежностями (1), (2) і дослідження рухомостей у контурах запропонованої схеми механізму підтверджують, що вона не має зайвих зв'язків.

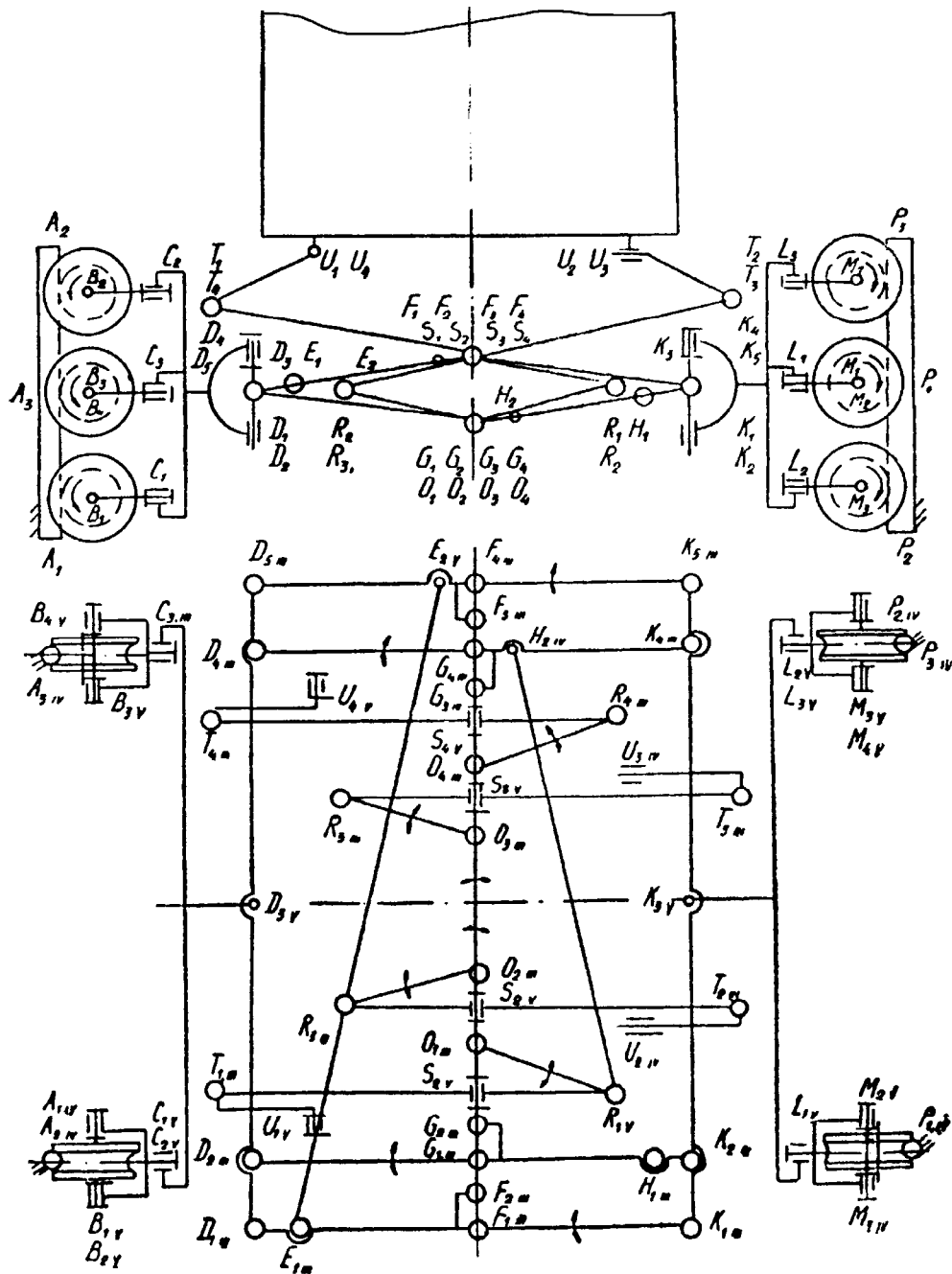


Рисунок 2. Структурна схема механізму пересування ліфта без зайвих зв'язків

Висновки. Запропонована структурна схема механізму пересування без зайвих зв'язків та її реалізація дозволить істотно підвищити надійність безканатного ліфта фрикційного типу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. А.с. 482 379 СССР, МКИ В 66 б 9/16. Бесканатная подъемная установка / А.А.Молчанов, А.П.Жучков, В.П.Дудченко (СССР). – № 1713375/22–11; заявл. 15.01.71; опубл. 30.08.75; Бюл. № 32.
2. А.с. 775 034 СССР, МКИ В 66 В 9/02. Подъемно-транспортная система / А.А.Молчанов (СССР). – № 2612071/27–11; заявл. 04.05.78; опубл. 30.10.80; Бюл. № 40.
3. Молчанов А.А. Грузовой лифт нового типа // Общественное питание. – 1980. – № 8. – С. 54–55.
4. Решетов Л.Н. Самоустанавливающиеся механизмы : справочник. – М. : Машгиз, 1979. – 334 с.
5. Кожевников С.Н. Основания структурного синтеза механизмов. – К. : Вища школа, 1979. – 232 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СУДОВ С МАЛОЙ ПЛОЩАДЬЮ ВАТЕРЛИНИИ

Бондаренко А.В., Бойко А.П.,

Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова (г. Николаев)

Введение. Разработка теоретических обводов корпуса судна с малой площадью ватерлинии возможна классическим способом, используемым в теории проектирования судов – например на основе строевой по шпангоутам и конструктивной ватерлинии [1]. В то же время в последние годы в судостроении стали применять трехмерные формообразующие поверхности корпуса [2, 3]. Трёхмерные поверхностные модели корпуса необходимы как для разработки конструкторской документации, так и для выполнения различных судостроительных расчетов: статики, прочности, ходкости. Построение такой модели представляет собой сложную задачу, требующую определенных навыков работы в CAD системе. Для облегчения получения поверхности в некоторых CAD системах применяются так называемые "мастера корпусов (Hull Wizards)" и используется параметрическое преобразования корпуса под требуемые характеристики (коэффициенты полноты, главные размерения). Например, в CAD системе FastShip есть мастер построения корпуса глиссирующего, круглоскулого катера и контейнеровоза. В приложении RhinoMarine к CAD программе Rhinoceros есть мастер создания корпуса глиссирующего и парусного судна. Аналогичные модели используются и в других CAD системах. Одновременно, в известных авторам судостроительных CAD программах практически отсутствуют параметрические модели судов с малой площадью ватерлинии (СМПВ). С учетом возрастающего интереса к постройке судов данного типа, разработка такой модели представляется весьма актуальной задачей.

Поэтому целью статьи является создание параметрической модели корпуса СМПВ и проведение сравнительных расчетов статики.

Постановка задачи. Для создания параметрической модели корпуса СМПВ предварительно был проведен анализ построенных судов, показавший, что конструктивно они состоят из следующих элементов: подводных корпусов, стоек, спонсонов, надводной платформы. Кроме того, было выявлено, что существует достаточно много разнообразных форм корпуса СМПВ. Например, в поперечном сечении форма подводного корпуса может быть круглой, эллиптической, скругленной, "клюшкообразной" и каплеобразной. Понятно, что учесть все многообразие форм СМПВ в одной параметрической модели – достаточно сложная задача. В тоже время, в подавляющем большинстве построенные СМПВ имеют два корпуса с одной, реже – двумя стойками. Поэтому, авторами рассматриваются только суда

катамаранного типу и предлагаются две параметрические модели – с одной и двумя стойками на каждом корпусе.

Для перехода от параметрической модели к реальным размерам корпуса СМПВ введены следующие геометрические параметры (рис. 1):

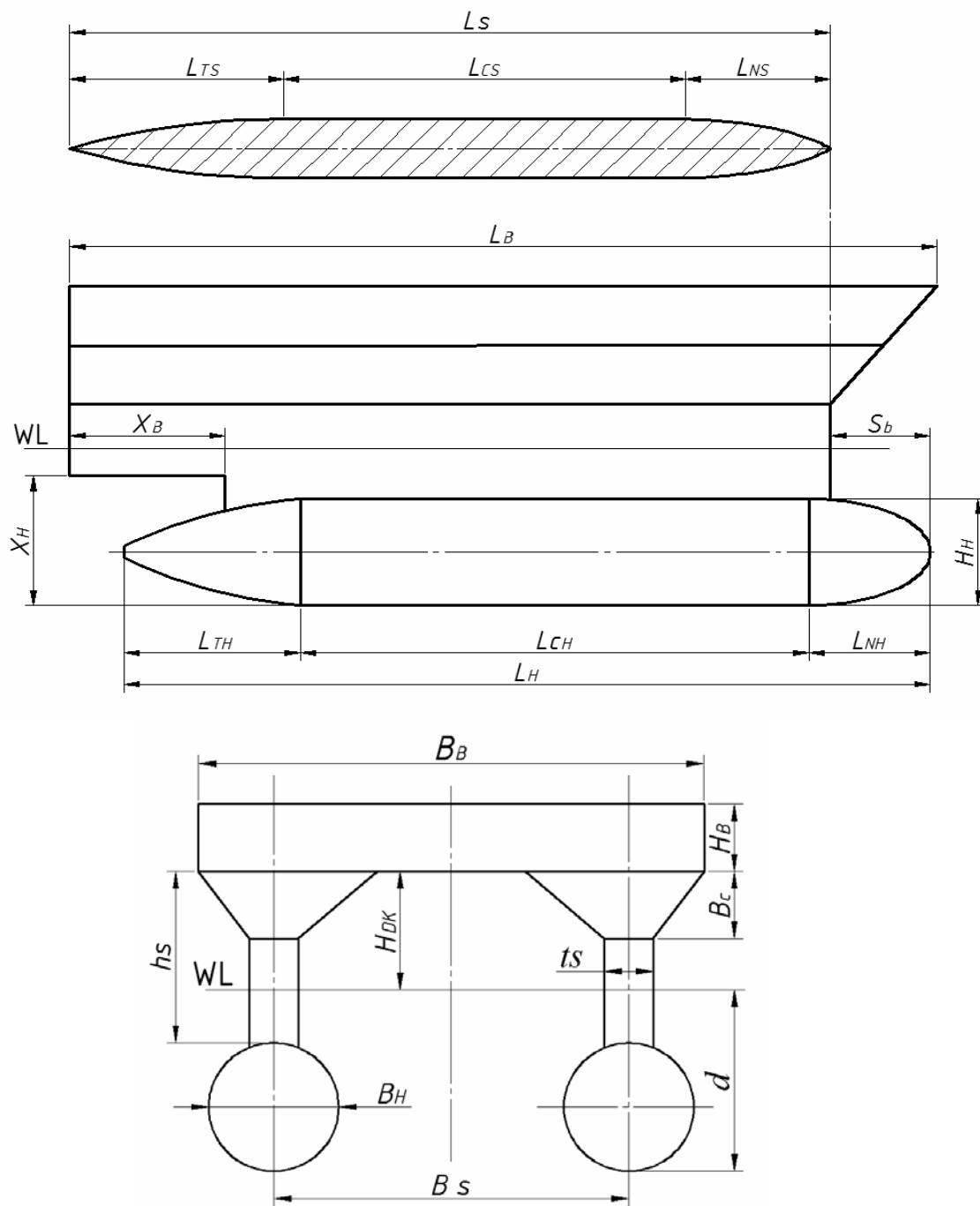


Рисунок 1. Основные геометрические параметры корпуса СМПВ

B_H – максимальная ширина корпуса, м; H_H – максимальная высота корпуса, м; L_{NH} – длина носового заострения корпуса, м; L_{CH} – длина цилиндрической

вставки корпуса, м; L_{TH} – длина кормового заострения корпуса, м; n_a, n_f – параметры формы: большие значения этих параметров соответствуют более полным обводам кормового и носового заострений; B_s – горизонтальный клиренс, м; H_{DK} – вертикальный клиренс, м; B_C – высота спонсона, м; X_H – высота кормового подзора, м; X_B – ширина кормового подзора, м; L_B – длина надводной платформы, м; H_B – высота надводной платформы, м; B_B – ширина надводной платформы, м; S_b – выдвиг корпуса, м; d – осадка судна, м; h_s – высота стойки, м; L_H – длина подводного корпуса, м; t_s – максимальная ширина стойки, м; L_{NS} – длина носового заострения стойки, м; L_{CS} – длина цилиндрической вставки стойки, м; L_{TS} – длина кормового заострения стойки, м; n_{strut} – параметр формы носового и кормового заострений стойки, рекомендуемое значение 2,25; L_s – длина стойки (для двухстоечного варианта – длина носовой стойки), м. Для двухстоечных судов дополнительно задается длина (L_{SA}), ширина (t_{SA}) кормовой стойки, длина носового (L_{NSF}) и кормового (L_{NSA}) заострений стойки и расстояние между стойками (L_{KS}).

Построение поверхности подводного корпуса производится на основе линий, описывающих поперечное сечение, диаметрально и ватерлинию. Поперечное сечение подводного корпуса, в соответствии с методикой [4], делится на четверти, каждая из которых описывается суперэллипсом вида

$$\left(\frac{z}{a}\right)^n + \left(\frac{y}{b}\right)^n = 1,$$

где b – полуширота подводного корпуса, м; a – полувысота подводного корпуса, м; n – степень, позволяющая получать различные виды форм поперечных сечений и значения коэффициента полноты площади мидель-шпангоута: круг ($n=2, a=b$), эллипс ($n=2, a \neq b$) и прямоугольник со скругленными углами ($n \geq 4$). Данное уравнение используется для определения максимальной ширины корпуса $Y_{\max}$ для расчетной ватерлинии.

Форму обводов ватерлиний подводного корпуса целесообразно разделить на три части:

носовая сужающаяся (эллиптическая):

$$y(x, z) = \frac{Y_{\max}(z)}{2} \left[1 - \left(\frac{x}{L_{NH}(z)} \right)^{n_f} \right]^{\frac{1}{n_f}}, \quad 0 \leq x \leq L_{NH};$$

цилиндрическая вставка:

$$y(x, z) = \frac{Y_{\max}(z)}{2}, \quad L_{NH} \leq x \leq L_{NH} + L_{CH};$$

кормовая сужающаяся часть (параболоид):

$$y(x, z) = \frac{Y_{\max}(z)}{2} \left[1 - \left(\frac{x - L_{NH} - L_{CH}}{L_{TH}(z)} \right)^{n_a} \right], \quad L_{NH} + L_{CH} \leq x \leq L_H,$$

где x – положение шпангоута по длине подводного корпуса.

По аналогичным зависимостям определяется форма диаметрали подводного корпуса.

Форма ватерлиний стойки может быть представлена следующими тремя элементами: носовой и кормовой сужающимися частями, и цилиндрической вставкой. При этом предполагается, что стойка имеет призматическую форму. Для двухстоечного варианта цилиндрическая часть отсутствует.

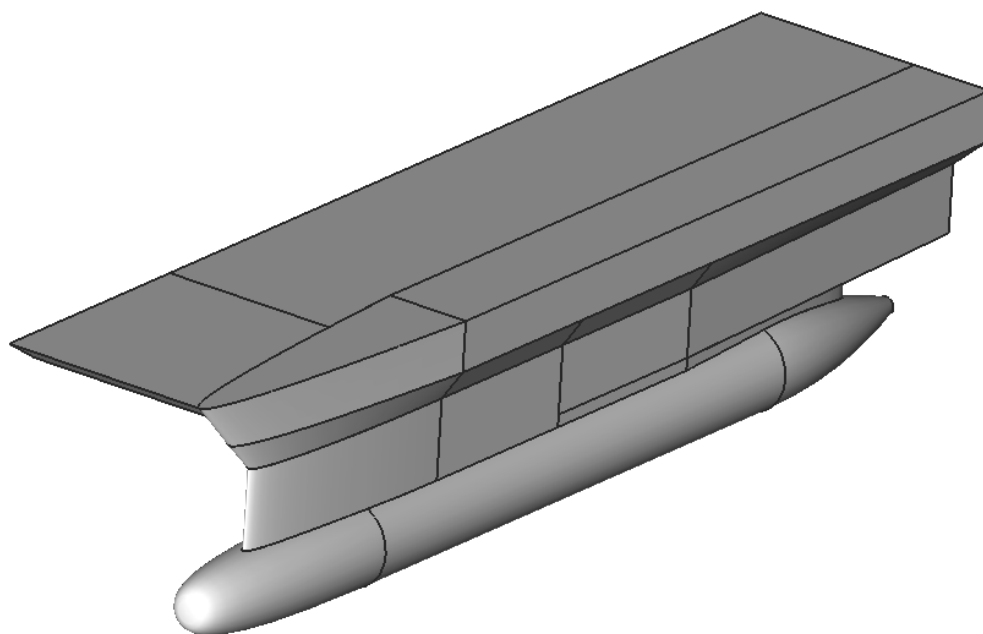


Рисунок 2. Параметрическая модель корпуса СМПВ

Носовая часть стойки описывается следующим уравнением параболы:

$$y(x) = \frac{t_s}{2} \left[1 - \left(\frac{L_{NS} - x}{L_{NS}} \right)^{n_{strut}} \right], \quad 0 \leq x \leq L_{NS};$$

цилиндрическая часть стойки:

$$y(x) = \frac{t_s}{2}, \quad L_{NS} \leq x \leq L_{NS} + L_{CS}$$

и кормовая часть описывается эллиптическим уравнением:

$$y(x) = \frac{t_s}{2} \left[1 - \left(\frac{x - L_{NS} - L_{CS}}{L_{TS}} \right)^{n_{strut}} \right]^{\frac{1}{n_{strut}}}, \quad L_{NS} + L_{CS} \leq x \leq L_S,$$

где x – положение шпангоута по длине стойки.

Указанный минимальный набор параметров позволяет получить всю необходимую информацию для построения параметрической модели корпуса СМПВ (рис. 2).

Результаты исследований. После получения параметрической модели авторами проведен ряд исследований, в частности выполнено сравнение результатов расчетов площади смоченной поверхности, начальной остойчивости по параметрической модели с данными работы [5]. Результаты расчетов показали, что погрешность не превышает 2 %.

Выводы. Разработанная параметрическая модель корпуса СМПВ позволяет быстро сгенерировать теоретический чертеж, а также может быть использована при расчете начальной остойчивости и остойчивости на больших углах крена, ходкости судна с применением CFD программ, прочности при анализе методом конечных элементов. Кроме того, применение параметрической модели позволяет изучать влияние различных параметров на сопротивление с целью проведения гидродинамической оптимизации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашик В.В., Богданов А.А., Мараева И.Б., Шебалов А.Н. Методы построения и согласования судовой поверхности с помощью ЭВМ. – Л. : Судостроение, 1978. – 90 с.
2. Harries S.; Abt C. Parametric Curve Design Applying Fairness Criteria // International Workshop on Creating Fair and Shape-Preserving Curves and Surface. Berlin/Potsdam, Teubner Verlag, 1998. – 12 p.
3. Harries, S.; Nowacki, H.: Form Parameter Approach to the Design of Fair Hull Shapes // 10-th International Conference on Computer Applications in Shipbuilding ICCAS'99. Cambridge, June 1999. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1999. – 16 p.
3. Zhang P., Zhu D-x., Leng W-h. Parametric Approach to Design of Hull Forms // Journal of Hydrodynamics. – 2008. – № 20 (6). – P. 804–810.
4. Суслов А.Н., Игольников А.И. Алгоритм проектирования обводов судов с малой площадью ватерлинии // Оптимизация проектируемых судов : сб. науч. трудов. – Л. : Изд. ЛКИ, 1985. – С. 30–33.
5. MacGregor J.R., Simpson R.R., Norton P. "Parametric Studies in the Design of a Series of SWATH Ships", New York. – 1989. – 11 p.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 656.01.001.18:[681.5:519]

АДАПТИВНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМАХ ДОВІЛЬНОЇ ПРИРОДИ

Бідюк П.І.,

Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”

Вступ. Підвищення якості рішень на різних рівнях управлінської ієрархії вимагає створення методів прогнозування, які забезпечать високоякісні оцінки прогнозів. Існуючі методи прогнозування, які ґрунтуються на аналітичних процедурах, логічних правилах та раціональному експертному мисленні, у багатьох випадках не дають бажаного результату стосовно якості оцінок прогнозів, а тому виникає проблема значного і прискореного підвищення якості оцінок прогнозованих значень. Все це свідчить про актуальність тематики.

Розв'язання задачі ефективного прогнозування на новому якісному рівні вимагає застосування сучасних методів системного аналізу до існуючих підходів та методів, коректного використання методів математичного моделювання процесів довільної природи на основі досягнень теорії адаптивного оцінювання, статистичного аналізу даних і методів моделювання. Деякі можливості розв'язання задачі адаптивного прогнозування розглядаються в роботах [1, 2, 3]. Однак, методи, представлені у цих роботах, не ґрунтуються на системному підході до розв'язання задач управління і фактично не дають відповіді на основне запитання: як організувати процес обробки даних таким чином, щоб отримати кращі оцінки прогнозів в умовах наявності невизначеностей структурного, параметричного і статистичного характеру? Подібні невизначеності можуть бути зумовлені нестационарністю процесу, розвиток якого прогнозується, пропусками даних, зашумленими даними, екстремальними значеннями та відсутністю необхідних об'ємів вибірок даних. Ефективний метод адаптивного прогнозування за допомогою фільтра Калмана (ФК) представлено у роботі [4]. Для адаптації алгоритму оцінювання та прогнозування стану процесу використовують обчислені в реальному часі оцінки статистичних характеристик збурень стану і шумів вимірів. Однак, застосування ФК має свої недоліки, наприклад, такі: (1) обчислення оцінок багатокрокових прогнозів вимагає використання проміжних оцінок; (2) у багатьох випадках неможливо отримати прийнятні оцінки статистичних характеристик збурень стану і шумів вимірів; (3) існують проблеми обчислювального характеру при використанні нелінійних моделей у просторі станів.

Постановка задачі: необхідно розробити концепцію адаптивного прогнозування процесів довільної природи на основі підходів і методів системного аналізу, які передбачають ієрархічний аналіз процесів

моделювання та прогнозування, урахування невизначеностей структурного параметричного і статистичного характеру, адаптування моделей до змін у процесах та застосування альтернативних методів оцінювання з метою пошуку кращих оцінок прогнозів за допомогою множини чисельних критеріїв їх якості. Запропонувати нові обчислювальні схеми побудови прогнозуючих систем із зворотним зв'язком на основі використання статистичних параметрів якості моделей та оцінок прогнозів.

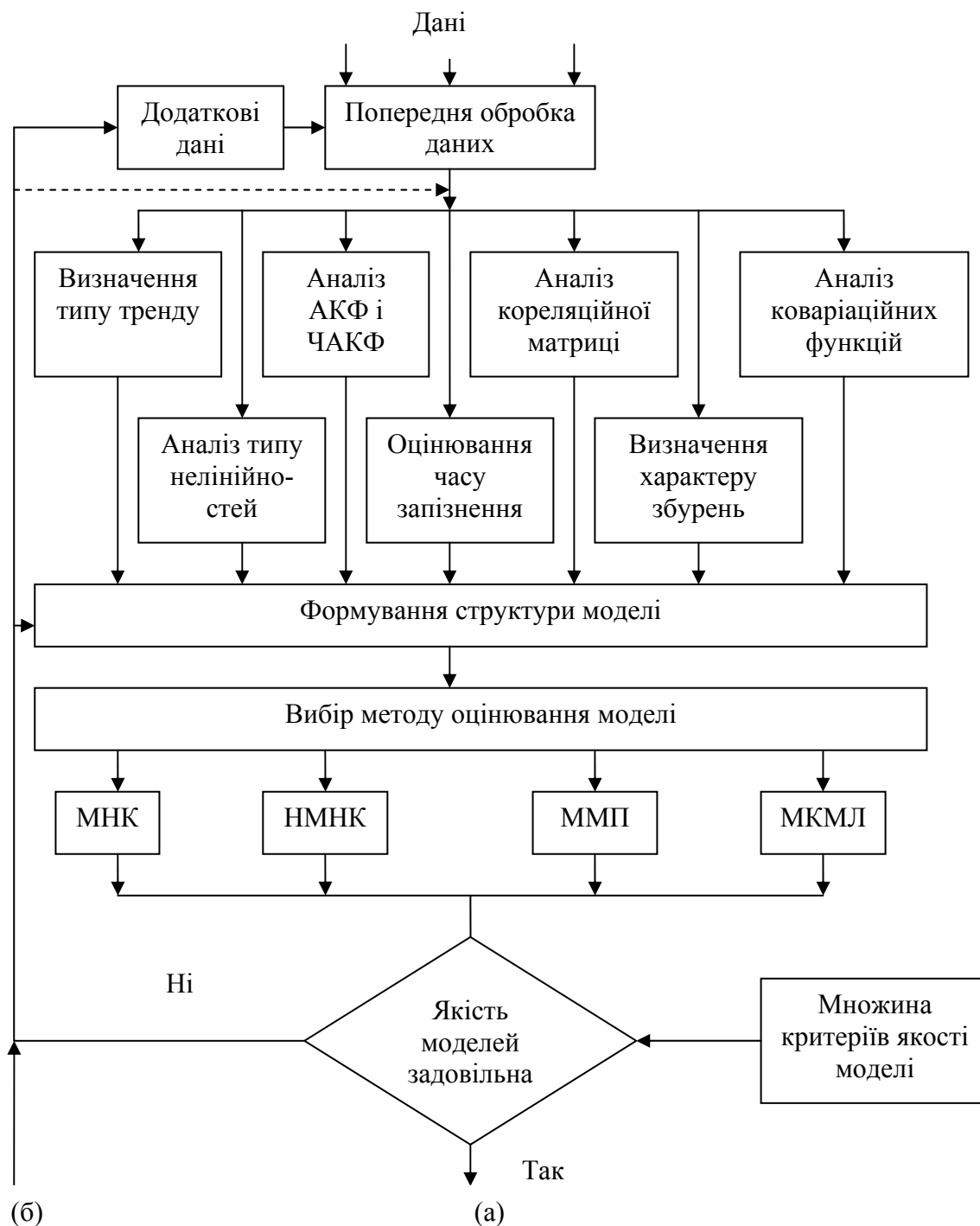


Рисунок 1. Схема адаптивного оцінювання моделі процесу

Концепція побудови адаптивної прогнозуючої системи. Спрощена концептуальна схема процесу моделювання, прогнозування та керування (як логічного завершення двох попередніх етапів) наведена на рисунках 1, 2.

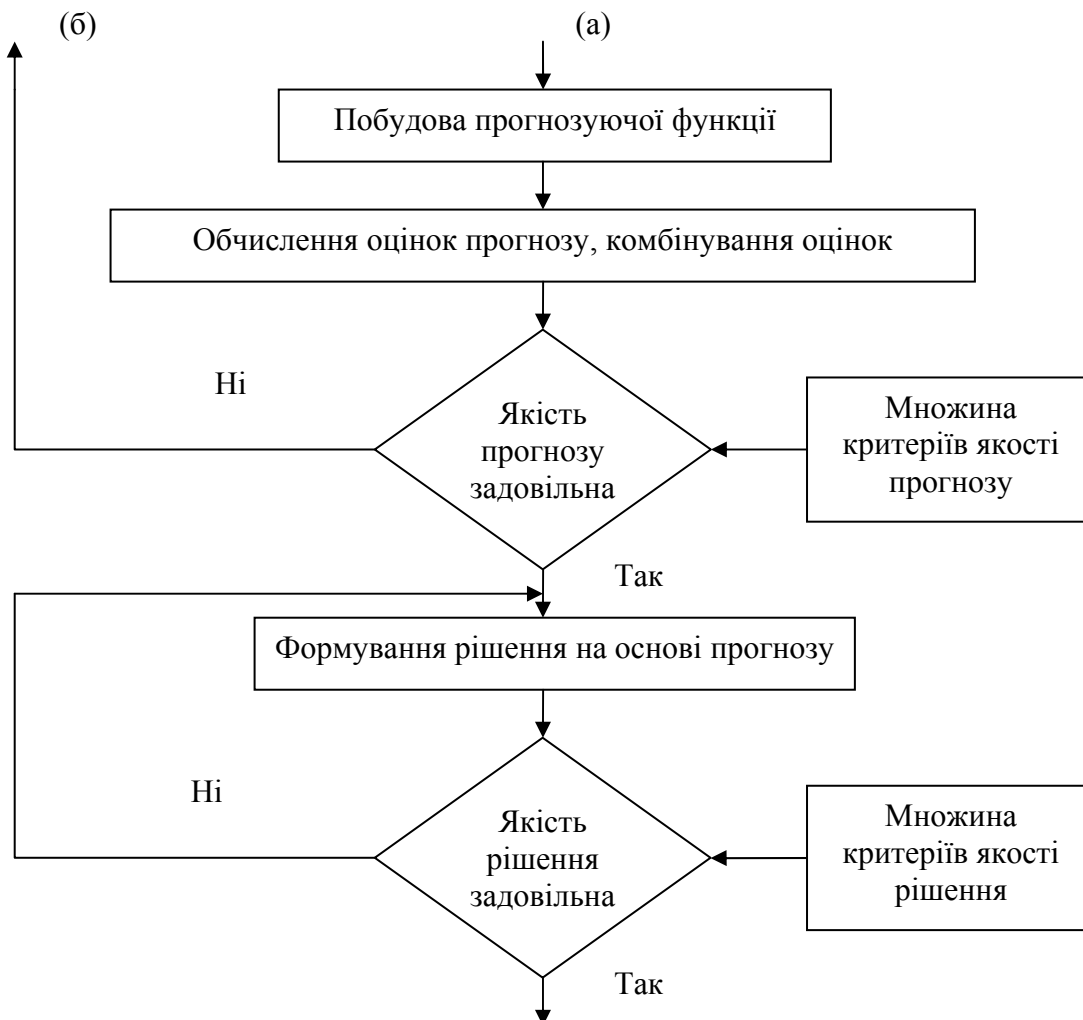


Рисунок 2. Схема процедури адаптивного оцінювання прогнозу і формування рішення на його основі

Розглянемо докладніше кожний з етапів. Створення системи адаптивного прогнозування починається з вибору процесу, аналізу його поточного стану, існуючих моделей та підходів до прогнозування його розвитку. Аналіз спеціальних літературних джерел може суттєво допомогти у встановленні факту існування побудованої моделі для опису поведінки вибраного процесу. Це можуть бути математичні моделі у вигляді систем рівнянь, закони розподілу вхідних та вихідних величин (статистичні моделі) або логічні моделі у вигляді наборів правил, які характеризують взаємодію входів і виходів процесу керування. В останні два десятиліття набувають популярності імовірнісні методи і моделі різноманітних структур та моделі у вигляді правил нечіткої логіки, які мають відносно хороше наближення до

характеру мислення експерта. Вибір типу та структури моделі відіграє суттєву роль для реалізації подальших етапів створення прогнозуючої та керуючої систем. Так, модель, створена на основі теоретичних уявлень і закономірностей стосовно конкретного процесу, може потребувати лише деякого уточнення її параметрів за допомогою статистичних даних.

З іншого боку, модель, яка повністю ґрунтується на статистичних дослідженнях процесу, може потребувати значно більших об'ємів інформації і часу для її побудови. Огляд літературних джерел також може бути корисним з точки зору вибору методів адаптивного оцінювання параметрів моделі. Кожний метод має свої особливості та межі застосування, а тому необхідно знати ці особливості до його застосування.

Практика створення прогнозуючих систем для процесів довільної природи свідчить про те, що готові до використання моделі зустрічаються дуже рідко. Навіть існуючі апробовані моделі потребують корегування їх структури та/або параметрів з метою їх адаптування до конкретних умов. Тому у більшості випадків необхідно будувати нову модель на основі наявних статистичних даних. Якість даних відіграє надзвичайно важливу роль, а тому при формуванні масивів даних необхідно керуватись відомими вимогами стосовно їх інформативності, синхронності та коректності [5, 6].

Попередня обробка даних необхідна для приведення їх до форми, яка забезпечить можливість коректного застосування методів оцінювання параметрів моделі та отримання їх статистично значущих оцінок. Так, досить часто необхідно заповнювати пропуски даних, корегувати значні імпульсні (екстремальні) значення, нормувати значення у заданих межах, логарифмувати великі значення та фільтрувати шумові складові.

На основі підготовлених даних оцінюють структури та параметри математичних моделей-кандидатів процесів, вибраних для прогнозування та керування. Вибір (оцінювання) структури моделі – ключовий момент її побудови. Нагадаємо, що структура моделі включає п'ять елементів: (1) вимірність (число рівнянь, які утворюють модель); (2) порядок – максимальний порядок диференціальних або різницевих рівнянь, які входять у модель; (3) нелінійність та її тип (нелінійності відносно змінних або параметрів); (4) час затримки (лаг) реакції відносно вхідного впливу та його оцінка; (5) зовнішнє збурення процесу та його тип (детерміноване або випадкове) [5]. Для оцінювання параметрів найчастіше використовують метод найменших квадратів (МНК) і нелінійний МНК, метод максимальної правдоподібності (ММП) і метод Монте Карло для марковських ланцюгів. Як правило, для одного процесу оцінюють декілька моделей-кандидатів, а потім вибирають із них кращу за допомогою множини статистичних параметрів якості моделі.

Побудована модель, навіть високого ступеня адекватності, ще не гарантує високої якості оцінок прогнозів. Тому після побудови моделі необхідно перевірити на можливість застосування до розв'язання задачі прогнозування. Так, при використанні моделей типу авторегресії з ковзним

середнім (АРКС) існує можливість побудови функцій прогнозування безпосередньо за моделлю або на основі її аналітичного розв'язку. Такий підхід дає можливість уникнути використання проміжних оцінок прогнозів при багатокроковому прогнозуванні. На сьогодні існує широкий спектр методів прогнозування, які застосовують у технічних системах, економіці та фінансах. Однак, далеко не всі методи забезпечують високоякісні прогнози у конкретних випадках їх застосування. Тому високоякісне прогнозування, навіть за наявності можливості побудови функції прогнозування, – це досить непроста задача, яка часто потребує, як правило, одночасного застосування декількох альтернативних моделей і вибору кращої з них шляхом аналізу отриманого результату.

Найпопулярнішими моделями, які використовують для прогнозування, є такі: регресійні моделі, моделі на основі нечіткої логіки, ймовірнісні моделі, поліноміальні моделі методу групового врахування аргументів (МГВА), нейронні мережі, моделі на основі „м'яких” обчислень (генетичні та імунні алгоритми), моделі методу подібних траєкторій та деякі інші. Кожна із згаданих моделей у тій чи іншій мірі може враховувати невизначеності різного характеру. Кращі результати прогнозування процесів з невизначеностями можна отримати за допомогою МГВА, ймовірнісних методів та нечіткої логіки. За своєю природою ці методи близькі до способів моделювання ситуацій та прийняття рішень людиною, а тому їх застосування в системах управління та підтримки прийняття рішень (СППР) можуть дати значний позитивний ефект.

Одним із сучасних напрямів розвитку ймовірнісних методів моделювання і прогнозування є статичні і динамічні мережі Байєса (МБ) [6, 7]. Вони призначені для розв'язання задач розпізнавання образів (ситуацій), прогнозування розвитку процесів та їх діагностики, а також для керування процесами і об'єктами різної природи. Перевагами моделей у формі мереж Байєса є високий ступінь їх наглядності завдяки графічному представленню змінних та їх причинних взаємозв'язків, можливості створення моделей високої вимірності (у сенсі великого числа змінних), використання неперервних та дискретних змінних в одній моделі, врахування невизначеностей структурного і стохастичного типів, можливості використання методів точного і наближеного формування ймовірнісного висновку. Загалом МБ можна характеризувати як досить складний високоресурсний, але високоефективний ймовірнісний метод моделювання та прогнозування розвитку процесів довільної природи. Крім того, МБ можна вибрати за основу методики формування альтернатив при прийнятті рішень.

Оцінювання якості моделі і прогнозу. Якість моделі оцінюють за допомогою декількох статистичних критеріїв якості, зокрема таких: коефіцієнта множинної детермінації (R^2), який характеризує інформативність моделі по відношенню до інформативності даних; статистики Дарбіна-Уотсона (DW), що визначає ступінь автокорельованості похибок моделі; інформаційного критерію Акайке (AIC) і статистики

Байєса-Шварца (BSC); суми квадратів похибок моделі ($\sum e^2(k)$); F – статистики Фішера та інших. Для автоматизованого вибору кращої моделі можна скористатись інтегральним критерієм якості [7]:

$$IK = e^{1-R^2} + \frac{SSE}{N} + \left\{ \ln(AIC + BSC), \text{ якщо } AIC + BSC > 0 \right. \\ \left. e^{AIC+BSC}, \text{ якщо } AIC + BSC \leq 0 \right\} + e^{2-DW} + \\ + \ln(SKП) + \ln(CAПП) + e^U$$

де $СКП$ – середньоквадратична похибка однокрокового прогнозу на навчальній (історичній) вибірці; $САПП$ – середня абсолютна похибка прогнозу в процентах; U – коефіцієнт Тейла (наближається до нуля, якщо модель придатна для оцінювання прогнозів).

Важливим моментом процесу прогнозування є об'єктивне коректне визначення якості отриманого прогнозу. Оскільки оцінки прогнозів – випадкові величини, то для визначення їх якості необхідно використовувати декілька статистичних критеріїв. Рисунок 3 ілюструє часову вісь та відрізки часу, на яких виконується оцінювання моделі й перевірка якості прогнозу.



Рисунок 3. Види прогнозування за часовим рядом

На наявну вибірку даних доцільно розділити на навчальну та перевірочну. На навчальній вибірці оцінюють параметри моделі процесу і так званий „історичний” прогноз, який дає змогу встановити якість оцінок однокрокового прогнозу на цій ділянці даних. Прогноз на перевірочній частині вибірки у науковій літературі називають ще прогнозом *ex post*. У різних емпіричних дослідженнях для перевірки рекомендують залишати (10-50) % значень ряду даних. Загальною рекомендацією є використання для навчання (оцінювання параметрів моделі) не менше 50-60 значень вибірки [3]. Оцінки прогнозів поза вибіркою даних називають прогнозом *ex ante*.

Для оцінювання якості прогнозів використовують ще одну множину статистичних критеріїв. Досить часто якість оцінок прогнозів визначають лише за допомогою середньоквадратичної похибки (СКП). Однак, значення СКП залежить від масштабу даних, а тому цієї характеристики недостатньо

для аналізу якості прогнозу. Крім того, необхідно пам'ятати, що оцінки прогнозів – це випадкові величини, якість яких неможливо оцінити за допомогою одного параметра. Поглиблене оцінювання якості прогнозів досягається за рахунок використання критеріїв, які дають відносні оцінки якості (наприклад, коефіцієнт Тейла) та відносні оцінки у процентах (наприклад, САПП). Перевагою їх використання є те, що вони не залежать від масштабу даних. САПП і коефіцієнт Тейла U обчислюють за виразами:

$$САПП = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \frac{|y(k+i) - \hat{y}(k+i, k)|}{|y(k+i)|} \times 100\% = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \frac{|e(k+i)|}{|y(k+i)|} \times 100\%,$$

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{s} \sum_{k=1}^s [y(k+i) - \hat{y}(k+i)]^2}}{\sqrt{\frac{1}{s} \sum_{i=1}^s y^2(k+i) + \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \hat{y}^2(k+i)}},$$

де s – число кроків прогнозування; $y(k+i)$ – фактичні значення даних; $\hat{y}(k+i)$ – оцінки прогнозів. Коефіцієнт Тейла U – це важливий індикатор якості моделі і прогнозу; за означенням, $0 \leq U \leq 1$. При $U \rightarrow 0$ оцінки прогнозів наближаються до фактичних значень ряду і модель має високий ступінь адекватності. Тобто U дає можливість установити придатність моделі (методу) для прогнозування у принципі.

У багатьох випадках кращих результатів прогнозування можна досягти за рахунок усереднення (або комбінування за допомогою вагових коефіцієнтів) оцінок прогнозів, отриманих за допомогою різних методів. Для двох методів прогнозування середнє визначається просто:

$$\hat{y}_c(k) = \frac{\hat{y}_1(k) + \hat{y}_2(k)}{2}, \quad (1)$$

де $\hat{y}_c(k)$ – оцінка комбінованого прогнозу; $\hat{y}_1(k)$, $\hat{y}_2(k)$ – оцінки прогнозів, отримані різними методами. Якщо окремі оцінки не зміщені (це повинен забезпечувати метод прогнозування), то комбінований прогноз також буде незміщеним. Похибка комбінованого прогнозу:

$$e_c(k) = y(k) - \hat{y}_c(k) = y(k) - \frac{\hat{y}_1(k) + \hat{y}_2(k)}{2} = \frac{e_1(k) + e_2(k)}{2}, \quad (2)$$

Дисперсія похибки комбінованого прогнозу:

$$\begin{aligned} \text{var} \left[\frac{e_1(k) + e_2(k)}{2} \right] &= E \left[\left(\frac{e_1(k) + e_2(k)}{2} \right)^2 \right] = \frac{1}{4} E [e_1^2(k) + 2e_1(k)e_2(k) + e_2^2(k)] = \\ &= \frac{1}{4} \{ E [e_1^2(k)] + 2 E [e_1(k)e_2(k)] + E [e_2^2(k)] \} = \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{4} \left[\sigma_1^2 + 2 \frac{E[e_1(k)e_2(k)]}{\sigma_1 \sigma_2} \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2^2 \right] = \frac{\sigma_1^2 + 2\rho\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2}{4}. \quad (3)$$

Таким чином, дисперсія комбінованого прогнозу залежить від дисперсій похибок окремих оцінок σ_1^2 , σ_2^2 і коефіцієнта кореляції між ними. Якщо похибки прогнозів, тобто $\rho = 0$, то формула (3) спрощується:

$$\sigma_c^2 = \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{4}. \quad (4)$$

Таким чином, якщо дисперсії близькі за значеннями і похибки оцінок прогнозів незалежні, то дисперсія комбінованої похибки буде значно меншою будь-якої з двох дисперсій. Але, навіть за умови існування досить високої кореляції між похибками оцінок окремих прогнозів, дисперсія похибки комбінованого прогнозу буде меншою, ніж дисперсія кожної оцінки окремо. Наприклад, при $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = 100$ і $\rho = 0,8$ дисперсія комбінованого прогнозу складе 90.

Оцінки прогнозів можна комбінувати за допомогою вагових коефіцієнтів, які обчислюють об'єктивно або формують експерти:

$$\hat{x}_c(k) = w_1 \hat{x}_1(k) + w_2 \hat{x}_2(k), \quad (5)$$

де w_1, w_2 – вагові коефіцієнти. Очевидно, що більші значення вагових коефіцієнтів необхідно присвоювати тим індивідуальним прогнозам, які мають меншу дисперсію похибок. При цьому для коректності обчислень необхідно виконати умову: $w_1 + w_2 = 1$.

Як правило, похибки прогнозів для конкретних моделей і процесів легко визначаються. Це дає можливість об'єктивно підійти до розв'язання задачі вибору вагових коефіцієнтів. Оскільки моделі, які дають менші значення суми квадратів похибок прогнозів, генерують якісніші прогнози, то логічно прийняти цю міру за основу для визначення вагових коефіцієнтів. Позначимо суму квадратів похибок прогнозування (для історичного прогнозу) через

$$sse = \sum_{k=1}^N e^2(k).$$

Тепер можна записати вирази для вагових коефіцієнтів окремих прогнозів:

$$w_i = \frac{1/sse_i}{1/sse_1 + 1/sse_2 + \dots + 1/sse_m}, \quad (6)$$

де sse_i – сума квадратів похибок оцінок прогнозів для i -го методу; m – кількість моделей (методів), що використовуються для прогнозування.

Адаптивне обчислення оцінок прогнозів. Для збереження якості оцінок прогнозів в умовах нестационарності досліджуваного процесу, а також

для підвищення якості прогнозування процесів із довільними статистичними характеристиками необхідно застосовувати адаптивні схеми оцінювання прогнозів. Вихідними величинами для аналізу якості прогнозів і формування адаптивних схем їх оцінювання є значення похибок прогнозів та їх статистичні характеристики. Для розв'язання задачі адаптації прогнозуючої моделі до вимог стосовно якості прогнозу можна скористатись такими обчислювальними можливостями:

- рекурсивне оцінювання параметрів математичних і статистичних моделей, що сприяє уточненню моделі та підвищенню якості прогнозу з надходженням нових даних;
- автоматизований аналіз часткової автокореляційної функції (ЧАКФ) залежної (основної) змінної з подальшим корегуванням структури моделі шляхом введення/вилучення додаткових лагових значень;
- почергове введення в модель можливих регресорів і аналіз їх впливу на якість прогнозу; формування головних компонент;
- автоматизований аналіз функції часткової взаємної кореляції основної змінної з регресорами з метою корегування лагових значень регресора у правій частині рівняння (формування провідних індикаторів);
- оцінювання параметрів збурюючих впливів у реальному часі з надходженням вимірів та використання отриманих оцінок для покращення оцінок прогнозу (наприклад, при використанні фільтра Калмана як інструмента згладжування та прогнозування);
- адаптування структур нейронних і байєсових мереж на основі нових вимірів та експертних оцінок [8, 9];
- використання похибок оцінок прогнозів для обчислення вагових коефіцієнтів при формуванні комбінованої оцінки прогнозу з декількох індивідуальних оцінок;
- автоматизований адаптивний вибір (оптимальних) вагових коефіцієнтів у процедурах експоненціального згладжування та пошуку подібних траєкторій;
- автоматизований аналіз залишків регресійних моделей із метою встановлення їх інформативності та корегування структури моделі процесу;
- адаптивне формування масивів вимірів змінних стану процесу за допомогою методів ієрархічного комплексування (інтегрування) даних, що забезпечує підвищення їх інформативності.

Очевидно, що існує досить широкий спектр методів адаптування схем оцінювання прогнозів до статистичних характеристик даних з метою досягнення бажаних характеристик оцінок прогнозів. Застосування тієї чи іншої схеми залежить від конкретної постановки задачі, якості та об'єму експериментальних (статистичних) даних, сформульованих вимог до якості оцінок прогнозів та часу, наявного для виконання обчислень. Кожний метод адаптивного формування оцінки прогнозу має свої особливості, які мають бути враховані при створенні системи адаптивного прогнозування.

Наявність зворотнього зв'язку в системі адаптивного прогнозування за похибкою моделі сприяє наближенню якості моделі до рівня, необхідного для досягнення високоякісного прогнозу. Зворотній зв'язок за похибкою прогнозу також спрямований на підвищення точності оцінок прогнозів, яка досягається за рахунок покращення якості (інформативності) даних і уточнення структури моделі. Цей контур також дає можливість уникнути „перенавчання”, яке підвищує точність апроксимації даних побудованою моделлю, але знижує якість оцінок прогнозів.

Приклад застосування концепції адаптивного прогнозування до розвитку процесів у компанії «Укррічфлот» наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати прогнозування вибраних показників

1557			APKC					
			AP	KC	R2		DW	RMSE
Паливо			1	0	0.864892	2.099598	0.112850	0.092744
Паливо			2	0	0.855055	1.984016	0.111868	0.090767
Паливо			1	23	0.926080	2.268349	0.083472	0.071102
Мастила			1	0	0.302572	2.332827		
Мастила			2	0	0.361418	1.953280		
Мастила			2	19	0.722543	2.182386	0.076263	0.061749
Прибуток			1	0	0.685087	2.211483		
Прибуток			2	0	0.675192	1.984402		
Прибуток			1	26	0.840856	2.235307	0.092223	0.071018
Profit	(F,0)		AP	KC	R2	DW	RMSE	MAPE
Profit	1	1	1	0	0.698651	1.990032	0.126905	0.094715
Profit	-2	0	1	0	0.750990	2.073094	0.113177	0.093096
Profit	-2	0	1	26	0.883285	2.151587	0.077484	0.064312

Для прогнозування вибрані витрати на паливо і мастильні матеріали, а також прибуток компанії. Якість моделей оцінена за допомогою коефіцієнта детермінації і статистики Дарбіна-Уотсона, а якість прогнозів – за допомогою середньоквадратичної похибки (RMSE) і середньої абсолютної похибки у процентах (MAPE). Кращі моделі й результати прогнозів виділені напівжирним шрифтом. З таблиці 1 видно, що якість (адекватність) побудованих моделей і якість прогнозів – висока. Так, для середньої абсолютної похибки у процентах вдалось досягти значень, менших 0,1%.

Висновки. Запропонована концепція формулювання та розв'язання задач адаптивного прогнозування розвитку процесів довільної природи на основі методології системного аналізу, яка ґрунтується на комплексному використанні методів попередньої обробки й аналізу даних, математичного і статистичного моделювання, прогнозування та оптимального оцінювання станів процесів довільної природи. Використання запропонованої концепції забезпечує отримання високоякісних (за точністю) коротко- та середньострокових прогнозів за умови наявності інформативних даних, а

також формування на їх основі альтернативних оптимальних і раціональних рішень та передбачає універсальність застосування до широкого класу процесів.

Побудовано математичні моделі вибраних показників розвитку компанії «Укррічфлот». Отримані результати свідчать про можливість досягнення високої якості прогнозів за допомогою створеної прогнозуючої системи.

У подальших дослідженнях доцільно розглянути і застосувати удосконалені схеми адаптивного прогнозування завдяки покращенню якості попередньої обробки вхідних даних, застосуванню удосконалених методів оцінювання параметрів та подальшої автоматизації вибору структури моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 414 с.
2. Зельнер А. Байесовские методы в эконометрии. – Москва : Статистика, 1980. – 438 с.
3. Chatfield C. Time series forecasting. – London : Chapman & Hall, 2000. – 267 p.
4. Згуровский М.З., Подладчиков В.Н. Аналитические методы калмановской фильтрации. – Київ : Наукова думка, 1995. – 285 с.
5. Бідюк П.І. Системний підхід до прогнозування на основі моделей часових рядів // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2003. – № 3. – С. 88–110.
6. Згуровский М.З., Бидюк П.И., Терентьев А.Н. Методы построения байесовских сетей на основе оценочных функций // Кибернетика и системный анализ. – 2008. – № 2. – С. 81–88.
7. Демківський Є.О., Бідюк П.І. Система підтримки прийняття рішень при прогнозуванні нестационарних процесів // Наукові праці Миколаївського державного гуманітарного університету ім. Петра Могили, 2008. – Вип. 77. – С. 137–159.
8. Nong Y. The Handbook of Data Mining. – New Jersey : Arizona State University Publishers, 2003. – 1201 p.
9. Altman E.I., Avery R.B., Eisenbeis R.A., Sinkey J. Application of Classification Techniques in Business, Banking and Finance. – Greenwich : JAI Press, 1981. – 418 p.

АДАПТАЦИОННЫЙ ДЕКОМПОЗИЦИОННО-КООРДИНАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РАЗВИТИЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

*Соколова Н.А., Карамушка М.В.,
Херсонский национальный технический университет*

Введение. В связи с чрезвычайно глубокими и быстрыми изменениями, происходящими в природе и обществе, свидетелями которых мы являемся, возрастает научный интерес к проблеме развития сложных систем. Стала очевидной необходимость создания методологических основ управления процессом развития организационно-технических систем вообще и предприятий в частности.

Для экономики Украины последних десятилетий характерна высокая нестабильность внешней макроэкономической среды: все более обостряющаяся глобализация и конкуренция; сокращение жизненного цикла продукции, технологий и так далее.

Эти черты экономики обостряются в кризисное время, поэтому основной целью для обеспечения будущего функционирования предприятия становится его развитие [1].

Под развитием предприятия будем понимать процесс изменений состояний материально-технических составляющих и организационной структуры под действием управления и механизмов самоорганизации.

Вопросы управления развитием решаются чаще всего интуитивно, отсутствуют модели, информационные технологии и инструментальные средства автоматизированного управления развитием. Таким образом, разработка проблемно-ориентированных моделей и методов управления развитием предприятия, является важной и актуальной задачей.

Анализ последних исследований и публикаций. Общей методологической основой для решения этой задачи могут служить опыт создания АСУ и теоретические результаты, полученные отечественными и зарубежными учеными: Глушковым В.М., Бусленко Н.П., Власовым С.А., Куником Э.Г., Ивахненко А.Г., Скурихиным В.И., Згуровским М.З., Поспеловым Г.С., Моррисеем Дж., Акоффом Г., Месаровичем М., Соломатиным В.В., Цвиркуном А.Д., Бурковым В.М., Годлевским М.Д., Петровым Е.Г. и др. Однако, в настоящее время неокончательно сформированы элементы теории и инструментарий решения задач, связанных с процессами принятия решений управления развитием предприятий. Решение этих задач имеет большое значение, поскольку позволяет решать задачу повышения эффективности управления предприятиями [2].

Так как предприятие относится к целенаправленным системам, первичным при синтезе управления является задание целей системы. Для современного предприятия, действующего в условиях рынка, должен

удовлетворяются комплекс целей, в котором выделяют коммерческие, технологические, производственные, социальные и экологические. Все известные подходы к проблеме устойчивого развития общества во главу угла ставят сегодня именно экологический и социальный аспекты [3].

Однако достижение социальных и экологических целей предприятия невозможно без решения коммерческих, технологических, производственных, поэтому основное внимание по мнению авторов следует акцентировать на них.

Развитие предприятия, как процесс, приводит к смене состояний функционирования, не определяющихся непосредственно предыдущими состояниями, но обеспечивающих выполнение целей предприятия.

Таким образом, возникает необходимость решения задачи управления развитием предприятия, которая не решается в рамках традиционных АСУ, т.к. сегодня самые современные системы класса MRPII, ERP, CSRP информационно обеспечивают только бизнес-процессы функционирования.

Основная часть. Процесс управления развитием сложной системы с использованием системного подхода представлен на рисунке 1 и характеризуется следующими этапами:

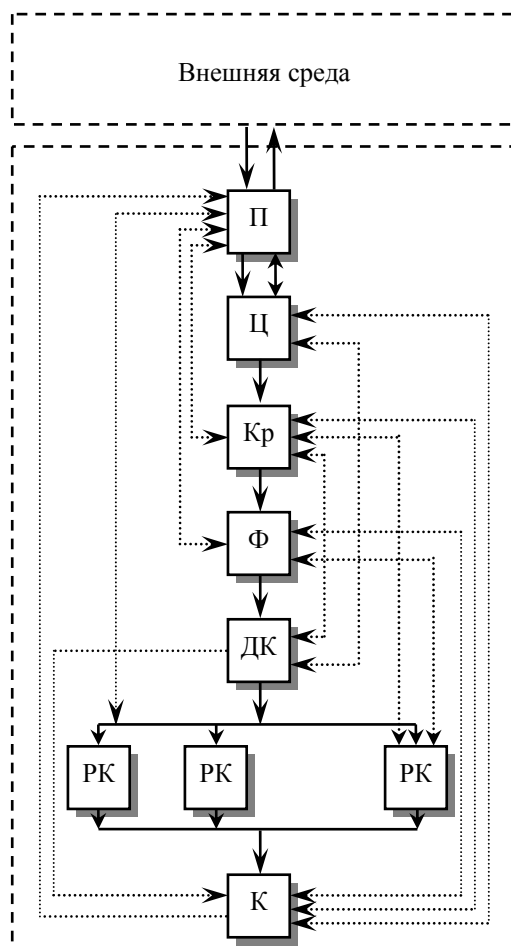


Рисунок 1. Управление развитием сложной системы с использованием системного подхода

1) выделение проблемы (П); 2) определение цели функционирования (Ц); 3) выбор и определением критериев для сравнения вариантов (КР); 4) формализация процессов и задач на математическом уровне (Ф); 5) декомпозиция целого на части с возможным сохранением свойств целого (ДК); 6) модернизация и разработка компонент (РК); 7) композиция частей в целое без изменения свойств частей (К).

В развитие данного подхода задачу управления развитием предприятия предлагается решать при помощи адаптационного декомпозиционно-координационного подхода, основные этапы которого:

1) последовательная декомпозиция функций и структур (выделение составляющих, уровней параллелизма, элементов детализации),

2) решение задач на выделенных уровнях и элементах детализации для построения вариантов путей развития системы с постоянной координацией на всех уровнях декомпозиции,

3) результаты решения соотносятся с результатами исследования внешней и внутренней среды, и осуществляется адаптация к изменениям внешней среды, в результате которой возможна существенная коррекция цели.

Процессы управления развитием предприятия можно представить в виде последовательности процессов принятия решений на основе адаптационного декомпозиционно-координационного подхода, в результате которых можно будет получить объект (предприятие), отвечающий заданным свойствам.

Развитие является непрерывным процессом, контроль за которым осуществляется в дискретные моменты времени. При адаптационном подходе предлагаются интервалы планирования переменной длины.

Функционирование предприятия на плановом периоде обычно считается квазиравновесным состоянием, а в результате развития осуществляется последовательный переход от одного квазиравновесного состояния к другому, поэтому условно состояния предприятия в процессе развития аппроксимируют кусочно-постоянной функцией (рис. 2).

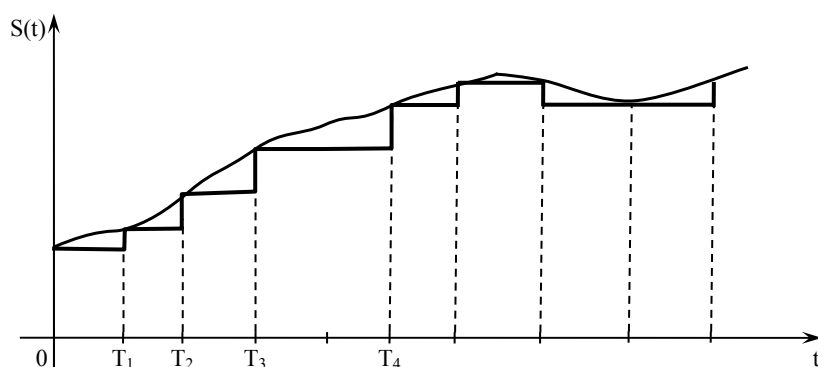


Рисунок 2. Условная аппроксимация процесса развития

Таким образом, смысл предлагаемого управления на основе адаптационного декомпозиционно-координатного подхода состоит в том, что на участках квазиравновесности переменной длины необходимо осуществлять управление с учетом возмущений внешней среды и целей развития. При этом в процессе управления могут изменяться не только интервалы планирования, но и цели предприятия.

Приведем формализацию предлагаемого управления. Пусть в момент t заданы состояние процесса ST_t и состояние информации о процессе J_t , образующие точку (ST_t, J_t) в некотором фазовом пространстве. Переход в новое состояние происходит под воздействием управления u_t и возмущения ω_t – случайной величины с вероятностным распределением, которое может являться какой-то частью характеристики информации. Переход в новое состояние может быть определен случайными преобразованиями P_1 и P_2 так, что:

$$\begin{aligned} ST_{t+1} &= P_1(ST_t, J_t, u_t, \omega_t) \\ J_{t+1} &= P_2(ST_t, J_t, u_t, \omega_t). \end{aligned}$$

Изменения в направлении улучшения характеристик информации составляют сущность адаптации. Если с состоянием ST_{t+1} связать некоторый показатель качества управления $\Theta(ST_{t+1})$, то за счет большей "информированности" управления вследствие адаптации этот показатель может улучшаться. При этом последовательность преобразований $(P_1, P_2)_t, t = 0, 1, 2, \dots$ дает процесс управления с адаптацией.

Таким образом, общее представление процесса управления включает характеристику информации J и механизм адаптации, определяемый преобразованием P_2 .

Формально структура предприятия описывается системой множеств (ф. 1)

$$\begin{aligned} S(t) &= \{E(t), R(e(t)), TE(e(t)), SP(e(t))\}, \quad t \in T; \\ E(t) &= \{e_i / i \in I\}; \quad R(e(t)) = \bigcup_{\lambda} P_{EE}^{\lambda}(e(t)); \\ TE(e(t)) &= \{te_i(e(t)) / i \in I\}; \quad SP(e(t)) = \{sp_i(e(t)) / i \in I\}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $E(t)$ – множество элементов системы; $R(t)$ – множество их взаимосвязей; $TE(t)$ – множество технико-экономических и $SP(t)$ – системно-плановых характеристик элементов; P_{EE}^{λ} – отображение множества $E(t)$ в $E(t)$; $\Lambda(t)$ – множество возможных структурных отношений в период t .

Постановка задачи стратегического управления развитием предприятия:

$$(S^*(t), \Omega(t)) : \text{extr } F[S(t), \Omega(t)]; \quad (2)$$

$$\Omega(t) \subset F_1[E(t), R(t)]; \quad (3)$$

$$S(t) \subset F_2[E(t), R(t), TE(t), SP(t), \Omega(t)]; \quad (4)$$

$$t \in T,$$

где $F[\cdot]$ – функционал качества вариантов $S(t)$; $\Omega(t)$ – множество показателей функционирования системы.

Управленческое решение U^* для предприятия:

$$U : \text{extr } Z[U(I)], U(I) \in \mathfrak{Z}, \quad (5)$$

где $\mathfrak{Z}$ – множество допустимых решений, $Z(\cdot)$ – оператор оценки решений.

Адаптационный декомпозиционно-координационный подход к решению задачи допускает использование постановки (5) как координирующей задачи и содержит этапы:

Декомпозиция. На основе множества структурных отношений $\Lambda(t)$ вводится в рассмотрение J функциональных подсистем и для каждой подсистемы j ставится локальная задача (5) с более глубокой детализацией:

$$U_j^* : \text{extr } Z_j[U_j(\omega_j)], U_j(\omega_j) \in \mathfrak{Z}_j(\omega_j), \omega_j \in I. \quad (6)$$

В результате решения N_s^* задач в постановке (6) определяются $U_j^*(\omega_j)$ и соответствующие значения $Z_j[U_j^*(\omega_j)]$ $j \in J$. Эти решения используются в процессе агрегации для определения одного, которое берется за приближенное решение задачи (5).

Координация. В процессе принятия решений для каждой подсистемы в результате решения задачи (5) задается кортеж управлений, который ограничивает значение некоторого набора показателей $Z_j^l[U_j(\omega_j)]$, $l \in L$ решений $U_j(\omega_j) \in \mathfrak{Z}_j$. Добавление этих ограничений в постановку задачи (6) сужает области допустимых решений $\mathfrak{Z}_j(\omega_j)$ и образует подобласти $\mathfrak{Z}_j^\forall(\omega_j) \subset \mathfrak{Z}_j(\omega_j)$, $\forall j \in J$.

В процессе многовариантных расчетов, анализа и исследования решений задачи (6) на множестве допустимых решений $\mathfrak{Z}_j^\forall(\omega_j)$, $\forall j \in J$ для каждого управляющего показателя, формируется подмножество допустимых решений $\mathfrak{Z}_j^l(u_j^l, \omega_j)$ и агрегированное подмножество:

$$\mathfrak{Z}_j^0(u_j, \omega_j) = \bigcap_{l \in L} \mathfrak{Z}_j^l(u_j^l, \omega_j). \quad (7)$$

Для каждой подсистемы $j \in J$ в результате решения задачи (6) на подмножестве $\mathfrak{T}_j^0(u_j, \omega_j)$ определяется окончательное (на данном шаге согласования) решение, то есть решается задача (8):

$$U_j^0(\omega_j) : \text{extr } Z_j[U_j(\omega_j)], U_j(\omega_j) \in \mathfrak{T}_j^0(u_j, \omega_j). \quad (8)$$

Пусть $U[SP(t)], U_i[S(t)], U_{ij}[S(t)]$ – множества решений, которые определяют распределение функций и плановых заданий по подсистемам, структуру системы на уровне функциональных подсистем и элементов соответственно: $\Omega(t), \Omega_i(t), \Omega_{ij}(t)$ – множества показателей развития и функционирования на уровне системы, функциональных подсистем и элементов соответственно (технологические, технико-экономические, экзогенные, нормативные и др. показатели): $SP_0(t)$ – требования стратегического характера к системно-плановым показателям; $C(t), C_i(t), C_{ij}(t)$ – множество внешних условий развития и функционирования системы на соответствующих уровнях агрегации (ресурсные, логические, структурные и др.); M, M_i, M_{ij} – множества алгоритмических правил расчета показателей развития и функционирования системы; $\mathfrak{T}, \mathfrak{T}_i, \mathfrak{T}_{ij}$ – множества допустимых решений на соответствующем уровне агрегации.

Сначала решается задача формирования множества системно-плановых характеристик (показателей) $SP(t)$ и распределения плановых заданий по функциональным подсистемам:

$$\begin{aligned} U^*[SP(t)] : \text{extr } Z\{U[SP(t)], \Omega(t), E(t), A(t)\}; \\ U[SP(t)] \in \mathfrak{T}\{\Omega(t), SP_0(t), E(t), A(t), C(t)\}; \\ t \in T. \end{aligned} \quad (9)$$

Распределение, полученное в результате решения задачи (9), используется далее:

$$\begin{aligned} U_j^*[S(t)] : \text{extr } F_i\{U_i[S(t)], \Omega_i(t), E_i(t), A_i(t)\}; \\ U_i[S(t)] \in \mathfrak{T}_i\{\Omega_i(t), U^*[SP(t)], E_i(t), A_i(t), C_i(t)\}; \\ t \in T, i \in I. \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} U_{ij}^*[S(t)] : \text{extr } F_{ij}\{U_{ij}[S(t)], \Omega_{ij}(t), U_i(t), SP_{ij}(t)\}; \\ U_{ij}[S(t)] \in \mathfrak{T}_{ij}\{\Omega_{ij}(t), U_{ij}^*[S(t)], C_{ij}(t)\}; \\ t \in T, i \in I, j \in J_i. \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \Omega_{ij}^* &= \Phi_{ij}\{U_{ij}^*[S(t)]/t \in T, i \in I, j \in J_i\}; \\ \Omega_i^* &= \Phi_i\{U_{ij}^*[S(t)], U_i^*[S(t)]/t \in T, i \in I, j \in J_i\}; \\ \Omega^* &= \Phi\{U_{ij}^*[S(t)], U_i^*[S(t)], U^*[SP(t)]/t \in T, i \in I, j \in J_i\}. \end{aligned} \quad (12)$$

Процесс развития предприятия, как ОТС, включает изменение по периодам времени состава элементов системы, их характеристик, взаимосвязей, перераспределение функций, выполняемых элементами системы.

Задача управления развитием формализовано записывается в виде: достичь *extr* функционала (9) при ограничениях (10).

Сложность формализации и решения исследуемых задач связана, прежде всего, с необходимостью моделирования развития большого числа взаимосвязанных элементов, учета ограничений на ресурсы и технологию, учета стохастических и неопределенных аспектов процесса реализации программы и характеристик структуры, характеристик и особенностей производства, влияющих на качество функционирования системы.

Таким образом, процедура формирования адаптивного скоординированного управленческого решения по развитию предприятия носит итеративный характер, зависящий от структурных отношений и от степени детализации комплекса моделей, создаваемого на основе декомпозиционно-координационного подхода.

В итоге задача формирования множества системно-плановых характеристик (показателей) и распределения плановых заданий по функциональным подсистемам решается следующим образом:

Первоначально решается задача (9). Ее решение используется далее – задача (10):

В результате решения задачи (10) определяются варианты развития функциональных подсистем (специализация, размещение, масштабы и сроки развития элементов; распределение ресурсов; технологические и организационные схемы развития и т.п.), которые в процессе дальнейшей декомпозиции используются при моделировании развития предприятия на уровне отдельных блоков, очередей и т.п. (задача 11).

Управленческие решения, полученные в результате решения задач (9)÷(11), используются далее в расчетных моделях при формировании множества показателей развития и функционирования (задача 12).

Полученные в результате расчетов показатели анализируются и оцениваются (возможно, с применением методов коллективного принятия решений). Если оценка не удовлетворяет ЛПР, то на основе полученного приближения показатели корректируются и вновь решаются задачи (9)÷(12). Организация алгоритмов корректировки зависит от специфики предприятия и субъективных мнений экспертов.

Выводы. Предложен адаптационный декомпозиционно-координационный подход к управлению развитием предприятия, который предполагает итерационную процедуру формирования адаптивного скоординированного управленческого решения по развитию предприятия, зависящую от структурных отношений и от степени детализации комплекса моделей, создаваемого на основе декомпозиционно-координационного подхода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управление устойчивым развитием предприятий / Петров Э.Г., Подмогильный Н.В., Соколова Н.А., Ходаков В.Е. – Херсон, 2009. – 558 с.
2. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Технологическое предвидение : монография. – К. : “Політехніка”, 2005. – 154 с.
3. Згуровський М.З., Статюха Г.А. Роль инженерной науки и практики в устойчивом развитии общества // Системні дослідження. – 2006. – № 1. – С. 7–38.
4. Иващенко П.А. Адаптация в экономике : монографія. – Харьков : Вища школа. Изд-во при Харьковском университете, 1986. – 141 с.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Жуковский Э.И., Чабаров В.А.,

Одесская национальная академия пищевых технологий

Введение. Применение аналитических методов теории массового обслуживания при расчете складских систем накладывает определенные требования на законы распределения потоков транспортных средств (грузоединиц) и времени обслуживания. Значительные трудности возникают при расчете многофазных систем.

Изложение основного материала. Имитационное моделирование позволяет достаточно точно скопировать не только отдельные фрагменты, но и весь процесс функционирования системы [1–5]. При таком моделировании снимаются ограничения на виды законов распределения, количество фаз системы обслуживания, величины емкостей между отдельными фазами и возникают возможности исследовать влияние на работу складской системы различных факторов, вплоть до надежности оборудования, входящего в транспортно-складской комплекс (ТСК). Для получения исходной совокупности случайных чисел при моделировании процессов широко используют равномерное распределение в интервале (0, 1), на базе которого можно конструировать как случайные события, возникающие с любой заданной вероятностью, так и случайные величины, обладающие практически любым законом распределения. Структурная схема имитационной модели однофазовой многоканальной складской системы приведена на рисунке 1. Алгоритм программы включает следующие блоки:

Блок 1. Ввод начальных параметров: $T_{\text{экс}}$ – время эксперимента; k – количество каналов; λ – интенсивность потока заявок; μ – интенсивность обслуживания заявок.

Блок 2. Генерирование случайных величин (времени поступления заявок $T_{\text{пi}}$ и времени обслуживания заявок $T_{\text{обслi}}$) в заданных интервалах, подчиняющихся заданному распределению.

Блок 3. Определение времени поступления i -й заявки относительно начала эксперимента $T_{\text{экс}}$.

Блок 4. Проверка попадания времени поступления i -й заявки $T_{\text{пi}}$ в интервал времени эксперимента $T_{\text{экс}}$. В случае превышения интервала $T_{\text{экс}}$ перейти к блоку 14.

Блок 5. Определение номера свободного или первого освобождающегося канала j для обслуживания поступившей i -й заявки.

Блок 6. Проверка попадания времени обслуживания j -м каналом i -й заявки $T_{\text{обслij}}$ в интервал времени эксперимента $T_{\text{экс}}$. В случае превышения интервала перейти к блоку 14.

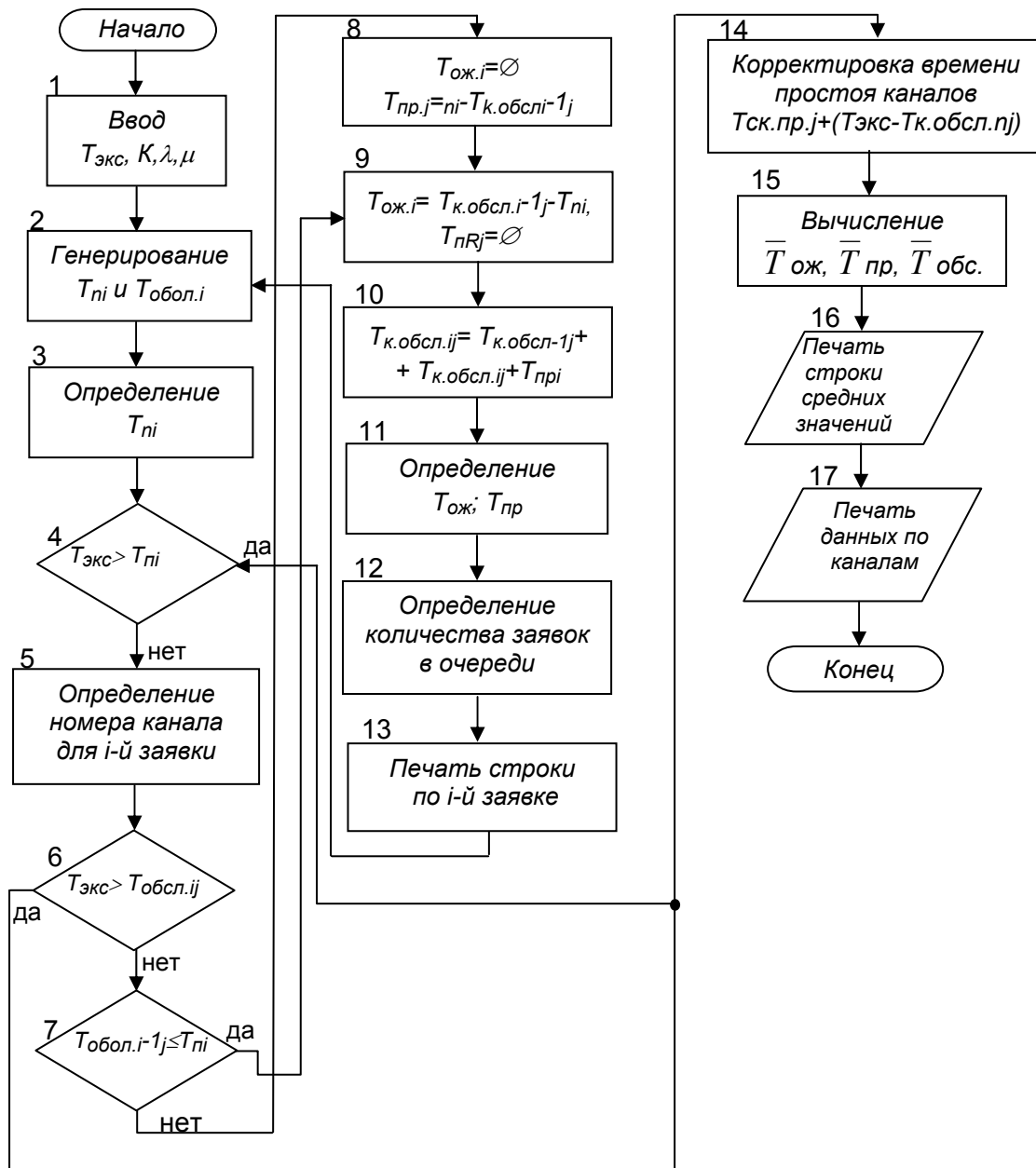


Рисунок 1. Структурная схема имитационной модели

Блок 7. Сравнение времени окончания обслуживания $(i-1)$ -й заявки $T_{к.обсл.i-1}$. Если $T_{к.обсл.i-1} > T_{ni}$, то перейти к блоку 9.

Блок 8. Вычисление времени ожидания i -й заявки в очереди $T_{ожі}$ и времени простоя j -го канала $T_{прj}$:

$$T_{ожі} = \emptyset;$$

$$T_{прj} = T_{ni} - T_{к.обсл.i-1j}.$$

Перейти к блоку 11.

Блок 9. Вычисление времени обслуживания i -й заявки в очереди $T_{ожі}$ и времени простоя j -го канала $T_{прj}$.

$$T_{ожі} = T_{к.обслі} - 1, j - T_{ні}; T_{прі} = \emptyset$$

Блок 10. Вычисление времени окончания обслуживания i -й заявки в j -м канале $T_{к.обсліj}$.

Блок 11. Вычисление суммарного времени ожидания к моменту поступления $(N+1)$ -й заявки:

$$T_{ож} = \sum_{i=1}^N T_{оож} + T_{ожN} + 1,$$

где N – число обслуженных заявок.

Вычисление суммарного времени простоя системы к моменту поступления $(N+1)$ -й заявки;

$$T_{пр} = \sum_{i=1}^N T_{прі} + T_{пр} + 1$$

Блок 12. Определение количества заявок в очереди к моменту поступления i -й заявки.

Блок 13. Печать строки, содержащей информацию для i -й заявки по форме, приведенной в табл. 1. Переход к блоку 2 циклического участка программы.

Таблица 1. Показатели качества обслуживания заявок в складской системе*

Номер заявки	Количество заявок в очереди, шт.	Время ожидания, мин.	Время обслуживания, мин.	Время полного обслуживания, мин.	Номер канала	Время простоя канала, мин.
1	0	0	9	9	1	1
2	0	0	10	10	2	2
3	0	0	13	13	3	3
4	1	6	6	12	1	0
5	2	6	7	13	2	0
6	3	7	6	13	1	0
7	3	5	10	15	3	0
8	3	5	9	14	2	0
9	0	0	3	3	1	0
0	0	0	2	2	3	2

* Количество каналов – 3; интервал времени – 30 мин.

Блок 14. Передача управления от блока 4 и 6. Корректировка времени простоя каждого канала после окончания эксперимента

$$T_{ск.прі} = T_{прі} + (T_{экс} - T_{к.обслі} N_j),$$

где $T_{ск.пріN_j}$ – время окончания обслуживания последней заявки на i -м канале.

Блок 15. Вычисление средних значений величин $T_{ож}$, $T_{пр}$, $T_{обс}$:

$$\bar{T}_{ожі} = \frac{T_{ож}}{M};$$

$$\bar{T}_{pri} = \frac{Tnn}{k},$$

где M – число обслуженных заявок; k – число каналов.

Блок 16. Печать строки средних значений $\bar{T}_{ож}$, $\bar{T}_{пр}$, $\bar{T}_{обсл}$.

Блок 17. Вычисление и печать времени простоя $T_{прj}$ и среднего времени обслуживания $\bar{T}_{обслj}$ по каждому каналу, $j=1,2,\dots,k$, по форме, приведенной в таблице 2.

Таблица 2. Среднее значение величины

Номер канала	Время простоя канала, мин.	Среднее время обслуживания, мин.
1	3	6
2	2	8
3	5	8

Для имитационного моделирования систем массового обслуживания разработан специальный язык декларационного типа, входящий в автоматизированную систему имитационного моделирования (АСИМ) [1, 5]. АСИМ содержит средства описания систем массового обслуживания (входной язык), интерпретатор входного языка, средства обслуживания, инициатор, управляющую программу, блок выдачи результатов моделирования и блок случайных воздействий. Имитационные эксперименты с моделями складских систем, проведенные на основе АСИМ, показали возможность использования этой системы для определения таких параметров обслуживания, как L_q , L_{qmax} , W_q , численные значения которых необходимы для выбора оптимального варианта ТСК. Принципиально важным является то, что значения параметров обслуживания вычисляются для каждой фазы многофазовой системы.

Следовательно, значение L_{qmax} определяет такую величину емкости между фазами, при которой не наблюдается блокировки фаз. Кроме того, АСИМ позволяет получить информацию о целом ряде параметров, характеризующих работу каналов обслуживания в каждой фазе. Возможно также получение информации о параметрах складской системы при различных законах распределения входного потока и времени обслуживания. Все это позволяет не только определять параметры W_q , L_q , L_{qmax} , но и целенаправленно проводить имитационные эксперименты. Результаты трех имитационных экспериментов представлены в таблице 3, по которым можно проследить зависимость величины L_q , определяющей величину промежуточной емкости, от производительности 2-й фазы системы.

Таблица 3. Результаты имитационных экспериментов

№ эксперимента	Входной поток		Номер канала	Информация о работе				Информация об очереди				
	1 фаза	2 фаза		К-во обслуживания заявок	Время работы	Коэффициент загрузки	Время простоя	Коэффициент простоя	К-во заявок	Средняя длина очереди	Максим. длина очереди	
1	$\lambda=7$	$\mu_{(2)}=42$ 0	1	94	15,9306	0,5310	14,0694	0,4690	37	0,1413	4	
	$\mu_{(1)}=5$		2	64	13,8976	0,4633	16,1024	0,5367	-	-	-	
			3	54	10,0852	0,3362	19,9148	0,6638	-	-	-	
			4	11934	28,8991	0,9633	1,1008	0,0367	12711	536,4106	1135	
2	$\lambda=7$	$\mu_{(2)}=48$ 0	1	76	16,3199	0,5440	13,6801	0,4560	43	8,1522	5	
	$\mu_{(1)}=5$		2	78	14,2555	0,4752	15,7445	0,5248	-	-	-	
			3	64	11,4691	0,3823	18,5309	0,6177	-	-	-	
			4	12668	26,8449	0,8948	3,1551	0,1052	13059	274,8499	907	
3	$\lambda=7$	$\mu_{(2)}=51$ 0	1	90	18,3330	0,6111	11,6670	0,3889	42	0,1473	4	
	$\mu_{(1)}=5$		2	64	15,0401	0,5013	14,9599	0,4987	-	-	-	
			3	56	9,9159	0,3305	20,0841	0,6695	-	-	-	
			4	12545	24,8974	0,8299	5,1026	0,1701	12562	117,7947	451	

В таблице представлены также результаты моделирования двухфазной системы механизации, в 1-й фазе которой три канала, а во 2-й – один. Четвертый канал отражает работу 2-й фазы. На 1-ю фазу действует пуассоновский поток с $\lambda = 7$ вагонов в сутки. Время обслуживания в обеих фазах распределено показательно. Производительность каналов в 1-й фазе одинакова и равна пяти вагонам в сутки. Поскольку после первой фазы наблюдается характерное для системы механизации явление дробления заявки, то производительность 2-й фазы $\mu_{(2)}$ приведена в единицах, равных числу грузоединиц (пакетов) в сутки. Число пакетов, содержащихся в каждом вагоне, равно 60. Результаты моделирования, охватывающие период, равный 30 дням, при постоянных параметрах 1-й фазы и изменяющейся производительности 2-й фазы, показывают, что при изменении производительности с 420 до 510 грузоединиц максимальная длина очереди, определяющая величину промежуточной емкости, уменьшается примерно в 2,5 раза.

Выводы. Имитационные эксперименты на основе рассмотренной программы позволяют получить не только среднее значение показателей, характеризующих работу складской системы, но и оценить текущие значения параметров обслуживания по каждой заявке. Исследования, проведенные на основе приведенной имитационной модели, показали, что универсальные языки программирования могут использоваться для моделирования многофазовых складских систем. Однако разработка и отладка программ требует значительных затрат на программирование и машинное время. Поэтому целесообразно при имитационных экспериментах перейти к специальным языкам имитационного моделирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированная система имитационного моделирования (АСИМ). – Одесса : Одес. отдел. ин-та экономики НАНУ, 1979. – 237 с.
2. Жуковский Э.И., Скорописов Ю.И. Совершенствование складских систем. – К. : Техника, 1984. – 142 с.
3. Жуковский Э.И., Чабаров В.А. Комплексная механизация и автоматизация складского хозяйства. – К. : Техника, 1993. – 120 с.
4. Маликов О.Б. Склады гибких автоматических производств. – Л. : Машиностроение, 1986. – 187 с.
5. Моделирование систем, расчет элементов, формообразование поверхностей, защитные покрытия и новое оборудование в машиностроении / [Э.И. Жуковский и др.] – К. : Вища школа, 1989. – 360 с.

ЯКІСНА МОРСЬКА ОСВІТА – У ПОЄДНАННІ ІСТОРИЧНИХ ТРАДИЦІЙ І СУЧАСНИХ НАУКОВИХ НАДБАНЬ	3
<i>Ходаковський В.Ф.</i>	

МОРСЬКИЙ ТА РІЧКОВИЙ ТРАНСПОРТ

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ В БУКСИРНОМ ТРОСЕ	5
<i>Алексенко В.Л., Буханистая М.В., Мамышев Н.И.</i>	
КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ СБЛИЖЕНИЯ СУДОВ	12
<i>Бень А.П., Плющ В.Н.</i>	
АНАЛІЗ ГВИНТОВОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГУНА 5ДКРН 70/226,8 ЗА ПИТОМОЮ ВИТРАТОЮ ПАЛИВА	16
<i>Гончаренко А.В.</i>	
О ВВЕДЕНИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ БАЗОВЫХ ТЕРМИНОВ В ДИСЦИПЛИНУ «ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА»	25
<i>Миронов В.В., Токарев Л.И., Драгомарецкий Г.Г.</i>	
ВЕРТИКАЛЬНІ КОЛИВАННЯ ВАНТАЖУ НА ШКЕНТЕЛІ СУДНОВОГО СТРІЛОВОГО КРАНУ	31
<i>Овчарук О.М., Скрипка Г.Л.</i>	
УЧЕТ ТРАЕКТОРИИ ЦИРКУЛЯЦИИ СУДНА ПРИ ПЛАВАНИИ НА МЕЛКОВОДЬЕ	41
<i>Спешиллов В.М.</i>	
MARITIME SAFETY MANAGEMENT: IMO's METHODOLOGY OF THE RISK-BASED ASSESSMENT	47
<i>Krivoshchekov V.E.</i>	

ПРОБЛЕМИ ВИЩОЇ ШКОЛИ

ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ВИВЧЕННЯ ІСТОРИКО-ПЕДАГОГІЧНОГО ФЕНОМЕНА АНТИЧНОЇ МІФОЛОГІЇ І КУЛЬТУРИ (ДО ПИТАННЯ ПРО СПЕЦІАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ АНТИЧНОСТІ В СУЧАСНІЙ ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ТА ВИЩІЙ ШКОЛАХ)	54
<i>Кулікова Л.Б.</i>	
ВИКЛАДАЧ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ: РЕАЛІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	61
<i>Голобородько Є.П.</i>	

МЕТОДОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИКЛАДАЧА ВНЗ ЯК УМОВА ПІДВИЩЕННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ	66
<i>Шарко В.Д.</i>	
ПРОБЛЕМА ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПСИХОЕМОЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ПРОФЕСІЙНОГО МОРЯКА	74
<i>Зайцева Т.Г.</i>	
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ У СВІТЛІ ПРИНЦИПІВ БОЛОНСЬКОГО ПРОЦЕСУ	82
<i>Казанчан А.К., Молчанов А.О.</i>	
ВИХОВНІ АСПЕКТИ ВИКЛАДАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН	91
<i>Моїсесенко Л.Л.</i>	
НАУКОВО-ДОСЛІДНА РОБОТА ВИКЛАДАЧІВ І СТУДЕНТІВ НА КАФЕДРІ "СУДНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ" В 2007/08 н.р.	95
<i>Настасенко В.О.</i>	
ФОРМУВАННЯ У КУРСАНТІВ ОСНОВНИХ СТРУКТУРНИХ ОДИНИЦЬ ПРИРОДНИЧО-НАУКОВИХ ЗНАНЬ ЗАСОБАМИ ВИЩОЇ МАТЕМАТИКИ	103
<i>Лисенко В.І.</i>	
УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ АНАЛІЗУ ІНЖЕНЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ ВИЩИХ ТЕХНІЧНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ	108
<i>Носов П.С.</i>	
РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ	115
<i>Леонов В.Е.</i>	
ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА УЗЛОВ ТРЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОСТИЖЕНИЙ ПРИКЛАДНОГО МАГНЕТИЗМА	124
<i>Малыгин Б.В., Блах И.В., Дюдяева О.А.</i>	
БЕЗОПАСНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД	131
<i>Михайлик В.Д., Михайлик С.В.</i>	
ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОМОНІТОРИНГУ ГІДРОЕКО-СИСТЕМ ШТУЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ	135
<i>Пилипенко Ю.В., Плоткін С.Я., Домарацький О.О., Шевченко П.Г.</i>	
ЛОКАЛЬНАЯ ДООЧИСТКА ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД МАЛЫХ ОБЪЕМОВ МЕТОДОМ СОРБЦИИ НА АКТИВИРОВАННОМ УГЛЕ	140
<i>Пилипенко Ю.В., Нежлукченко В.М., Демьянова О.О.</i>	

АНАЛІЗ ДОСВІДУ ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ НА СУДНАХ	146
<i>Горбов В.М., Мітєнкова В.С.</i>	
ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА СУДОВЫХ СРЕДНЕОБОРОТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫМ КОМПЛЕКСОМ D4.0H	153
<i>Ивановский В.Г., Варбанец Р.А.</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ МОРСКИХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК	161
<i>Федоровский К.Ю., Ениватов В.В.</i>	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СУДОВЫХ КОТЛОВ ПРИ СЖИГАНИИ ВОДНО-ТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ	166
<i>Горячкин В.Ю., Горячкин А.В., Тендитный Ю.Г.</i>	
ТЕПЛОНАСОСНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ РЕСУРСОВ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ	174
<i>Андреев А.А., Калинин И.В.</i>	
ВПЛИВ ПРОТИВОТІСКУ В ГАЗОВИХЛОПІ ДВИГУНІВ НА НАДІЙНІСТЬ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ СУДНОВОЇ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ	184
<i>Багненко М.Ю.</i>	

ІНЖЕНЕРНІ НАУКИ

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ НАМОРОЖУВАННЯ ЛЬОДУ ТА УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ БАРАБАННОГО ЛЬОДОГЕНЕРАТОРА	191
<i>Онїщенко В.Т., Занько О.М., Гришкорін А.Г.</i>	
ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ БЕЗКАНАТНОГО ЛІФТУ	199
<i>Молчанов А.О., Казанчан А.К., Кузнєцов Ю.М.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СУДОВ С МАЛОЙ ПЛОЩАДЬЮ ВАТЕРЛИНИИ	204
<i>Бондаренко А.В., Бойко А.П.</i>	

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

АДАПТИВНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМАХ ДОВІЛЬНОЇ ПРИРОДИ	209
<i>Бідюк П.І.</i>	
АДАПТАЦИОННЫЙ ДЕКОМПОЗИЦИОННО-КООРДИНАЦИОННЫЙ ПОДХОД К РАЗВИТИЮ ПРЕДПРИЯТИЯ	220
<i>Соколова Н.А., Карамушка М.В.</i>	

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКИХ КОМПЛЕКСОВ	228
<i>Жуковский Э.И., Чабаров В.А.</i>	
АНОТАЦІЇ	234
АННОТАЦИИ	241
RESUME	248
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	254
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК	257
ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ	258