

ISSN 2226-8553 (Print)
ISSN 2663-645X (Online)



ВОДНИЙ ТРАНСПОРТ

Збірник наукових праць

випуск №1 (28)



КИЇВ-2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

ВОДНИЙ ТРАНСПОРТ

Збірник наукових праць

випуск 1(28)

Київ
2019

Водний транспорт. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. – К.: ДУІТ, 2019. – Випуск 1(28). – 202 с. <https://doi.org/10.33298/2226-8553/2019.1.28>

У збірнику публікуються матеріали, що відображають наукову й методичну роботу викладачів і аспірантів Державного університету інфраструктури та технологій, фахівців підприємств і організацій водного транспорту. Більшість публікацій присвячена проблемам галузі експлуатації засобів водного транспорту, зокрема, розглядаються питання інфраструктури, технологій та організації транспортних процесів, впровадження сучасних технологій, математичного моделювання, екологічної безпеки, економічних аспектів діяльності річкового та морського транспорту й якісної підготовки фахівців з даного напрямку.

Збірник має чотири тематичні розділи: «Судноводіння та енергетика суден», «Методика навчання», «Інформаційні технології», «Екологічна безпека».

Засновник: Державний університет інфраструктури та технологій
Адреса редакції: вул. Кирилівська, 9, Київ, Україна, 04071
Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 23216-13056ПР від 23.02.2018 р.
Телефон: +38(044) 482-51-38; +38(050) 398-47-96
E-mail редакції: duit@duit.edu.ua
Інформаційний сайт: <http://duit.edu.ua>

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор.

Головний редактор – Заслужений діяч науки і техніки, доктор технічних наук, професор Панін В.В.

Редакційна колегія:

Тимошук О.М., д.т.н., доцент (заступник головного редактора, ДУІТ); Богом'я В.І., д.т.н., професор (заступник головного редактора, ДУІТ); Варбанець Р.А., д.т.н., професор (Одеський національний морський університет); Горобченко О.М., д.т.н., доцент (ДУІТ); Дубинець О.І. (ДУІТ), д.т.н., професор; Лісовал А.А., д.т.н., професор (Національний транспортний університет, Київ); Сербін С.І., д.т.н., професор (Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв); Соломенцев О.В., д.т.н., професор (Національний авіаційний університет, Київ); Фомін О.В., д.т.н., професор (ДУІТ); Мачалін І.О., д.т.н., професор (Національний авіаційний університет, Київ); Тихонов І.В., д.т.н., с.н.с. (ДУІТ), Кравченко Ю.В., д.т.н., професор (Київський національний університет імені Т.Г. Шевченка); Оніщенко О.А. д.т.н., професор (Одеська національна морська академія); Шаріфов З. З., д.т.н., професор (Азербайджанська морська державна академія); Гафаров А. М., д.т.н., професор (Міністерство з надзвичайних ситуацій Азербайджана); Мамедов А.Т., д.т.н., професор (Азербайджанський технічний університет); Прієднієкс В. Р., д.т.н., професор (Латвійська морська академія); Діасамідзе М. Р., д.т.н., професор (Батумська державна морська академія).

Відповідальний секретар редколегії – Богом'я О.Є.

Підписано до друку за рекомендацією Вченої ради Державного університету інфраструктури та технологій (протокол № 8 від 4 квітня 2019 р.)

Збірник входить до міжнародних наукометричних баз: Index Copernicus (<http://www.indexcopernicus.com>, ICV 2017-54.76) та eLIBRARY (<http://www.elibrary.ru>)

© Державний університет інфраструктури та технологій, 2019

СУДНОВОДІННЯ ТА ЕНЕРГЕТИКА СУДЕН

Панин В.В., Кривошей Ф.А., Семин А.А., Макаров А.М. Оценка температуры термического повреждения теплонапряженных поверхностей двигателя в приближении «бегущей волны» температуры с переменной скоростью	5
Левченко В.В., Безверхий А.И., Макиевский А.И. Гармонические колебания пьезоэлектрических электромеханических преобразователей кольцевой формы с азимутальными разрезами электродов	10
Ткаченко Н.Є. Двофазна суміш у рухомому паралелепіпеді при імпульсному впливові	19
Мехтиев Г.А., Исмаилов С.С. Особенности применения асинхронизированных синхронных валогенераторов на судах с ВРШ	25
Ганиев А.Я. Учет погрешностей дистанции и времени кратчайшего сближения при расхождении судов	32
Вильдяева Л.Н. Автоматизированный расчет оптимальных параметров настройки регулятора по переходной функции в точке перегиба на примере подогревателя топлива	37
Фархадов В.Г., Байрамова И.П. Моделирование оптимальных по быстрдействию систем управления подводными роботами	42
Эфендиев О.З., Алекперов Ш.Ш., Аллахвердиева А.Т. Исследование возможности измерения уровня и плотности жидкости магнитолевитационным уровнем	48
Султанов Э.Ф., Абдуллаев А.Н. Технические и экономические преимущества частотно-преобразовательного управления судовых буксирных лебёдок	55

МЕТОДИКА НАВЧАННЯ

Ковбатюк М.В., Беник Н.Г. Визначення оптимального напрямку адаптації суднобудівельно-судноремонтних підприємств	63
Малишкін О. І. Плани рахунків підприємств європейських країн у контексті міжнародних стандартів і євроінтеграції	76
Кузьменко О.М. Оцінка вартості інтелектуального капіталу підприємств водного транспорту	84
Майкова Е.В. Місце України у світових інтеграційних процесах	90
Костенко А.М. Диверсифікація зовнішньоекономічної діяльності підприємств України в умовах глобалізації	94
Петренко О.І., Андрєєва О.Д. Український досвід впровадження логістичної концепції виробництва just in time	99

Варикаша О.С. Тенденції та світовий досвід інновацій у транспортних технологіях, українські реалії	104
Стрілок І.І. Особливості сучасного розвитку морських портів України	109
Майборода А.Н., Сушко В.Г. Методика оценки эффективности обучения	114
Момот В.М., Момот А.В. Морально-соціальний компонент іншомовної компетентності фахівця водного транспорту	119
Шевчук В.О. Освітня складова системи відтворення робочої сили	123
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ	
Бадаев Ю.И., Ганношина И.Н., Лагодина Л.П. Управление формой NURBS-кривой с помощью вспомогательных эпюр	129
Шикла Е.Н. Программная реализация алгоритма определения эффективных деформативных свойств физически нелинейных слоисто-волокнистых материалов косоугольной намотки	134
Ткаченко О.А., Ткаченко О.І. Деякі аспекти ситуаційно-семантичного моделювання складних об'єктів, процесів та систем	145
Овчарук І.В., Пристінська А.А. Аналіз чутливості зорового сприйняття інформації людиною на основі стеганографічного методу LSB	151
Осипова Є.Л. Кризовий реінжиніринг бізнес-процесів як інструмент ефективного управління підприємствами водного транспорту	159
Переверзєва І.Ф. Сучасний антикризовий менеджмент на підприємствах водного транспорту України	166
Исмаилова С.М., Джабаров Т. А. Автоматизированная система оценки интегрального показателя уровня исполнения правил безопасности жизнедеятельности	173
Султанов Э.Ф., Мамедов Э.М. Основные преимущества управления электроприводом якорного устройства с помощью частотного преобразователя	179
Салимова А.К., Исмаилов С.С. Методы повышения качества электроэнергии в судовых электроэнергетических системах	189
АВТОРИ ВИПУСКУ	197
ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ	200

СУДНОВОДИННЯ ТА ЕНЕРГЕТИКА СУДЕН

УДК 536.24

doi.org/10.33298/2226-8553/2019.1.28.01

*Панин В.В., Кривошей Ф.А., Семин А.А., Макаров А.М.***ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕРМИЧЕСКОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ
ТЕПЛОНАПРЯЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДВИГАТЕЛЯ В ПРИБЛИЖЕНИИ
«БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ» ТЕМПЕРАТУРЫ С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ**

Известно, что в строгой постановке задача нестационарного конвективного теплообмена должна формулироваться и решаться как сопряженная задача с граничными условиями IV рода. Такая постановка предполагает решение внешней гидродинамической задачи и сопряжение ее результатов с решением внутренней задач теплопроводности.

В приближении «бегающей волны» авторами определены предельные значения температуры, при которой происходят термические повреждения (микротрещины – «паутина») теплообменных поверхностей двигателя внутреннего сгорания.

В статье утверждается, что при $t = 1200 \dots 1800$ с температура днища поршня достигает предельного для данного металла значения 750 К, что повышает риск его термического повреждения. При форс-мажорных обстоятельствах (аварийном нагружении двигателя или его перегрузках при плавании во льдах) необходимо использовать съемные днища поршней из жаропрочной стали.

Ключевые слова: температура, «бегающая волна», термическое повреждение.

Постановка проблемы. Определение температуры огневой поверхности поршня при аварийном нагружении двигателя и выбор метода решения этой проблемы.

Анализ последних исследований и публикаций. Впервые термин «бегающая волна» был определен академиком Белорусской Академии наук Лыковым А.В. и получил дальнейшее развитие в работе д.т.н. Кривошея Ф.О. «Обобщение решения параболических уравнений типа бегающей волны на случай переменной скорости» [3] и в настоящей работе.

Цель исследования. Предупреждение термического повреждения теплообменных поверхностей двигателей внутреннего сгорания.

Изложение материала. При аварийном нагружении двигателя из «холодного состояния» (328. . . 333 К) резко возрастает напряженность его деталей. Поскольку термические повреждения, в частности, днища поршня за времена порядка 10. . . 15 мин проникают на глубину 3. . . 5 мм, то допустимо рассматривать его как полуграничное тело вдоль оси цилиндра. Численная оценка такого допущения показала, что его относительная погрешность по температурам составляет 2. . . 3%.

Известно, что в строгой постановке задача нестационарного конвективного теплообмена должна формулироваться и решаться как сопряженная задача с граничными условиями (ГУ) IV рода [1]. Такая постановка предполагает решение внешней гидродинамической задачи и сопряжение ее результатов с решением внутренней задач теплопроводности.

Однако сложность быстропротекающих нестационарных гидродинамических процессов в цилиндре делает как формулировку, так и решение задачи в такой постановке практически не возможными. Поэтому в практике исследований теплонапряженности двигателей для оценки интенсивности теплообмена широко (но вынужденно) используют ГУ III рода

$$q = a_r(t)[T_r(t) - T_{ct}(t)], \quad (1)$$

где q – плотность теплового потока на границе, Вт/м²; α_r – коэффициент теплоотдачи от газов к тепловоспринимающей поверхности, Вт/м²К; T_r – температура газа, К; $T_{ст}$ – температура стенки, К; t – время, с. Наибольшая теплонапряженность деталей двигателя наблюдается в аварийном режиме, поэтому для определения α_r используется наиболее распространенная полуэмпирическая формула Эйхельберга

$$\alpha_r = \sqrt{p_r T_r^3} \sqrt{c_m^4} \sqrt{p_k}, \quad (2)$$

где $p_r T_r$ – соответственно давление (МПа) и температура (К) рабочего тела (газа); p_k – давление надувочного воздуха, (МПа); c_m – средняя скорость поршня, (м/с).

Известен класс решений параболических уравнений, имеющих вид «бегущей волны», распространяющийся с постоянной скоростью V . Решением такого вида описывается, например, прогрев вещества, по которому с постоянной скоростью V распространяется детонационная волна, на фронте которой реакция поддерживает постоянную температуру [2]. Аналогично можно полагать, что температурное поле может быть описано уравнением типа «бегущей волны», имеющим решение в виде $T = T(x - Vt)$, где x – координата. Решение такого вида можно получить, используя понятия скорости распространения изотермической поверхности [1]. Решение уравнения для полного дифференциала изотермы

$$\frac{dT}{dt} + V \frac{dT}{dx} = 0, \quad (3)$$

в случае $V = \text{const}$ имеет вид $T = T(x - Vt)$, где $V = dx/dt$ – скорость распространения изотермической поверхности. Решение с аргументом $(x - Vt)$ пригодны лишь для специальных случаев, например, [2].

Очевидно, что в общем случае скорость распространения возмущения переменна [3]. Аргумент искомого решения можно получить из решения смешанной задачи для уравнения (3), он имеет вид

$$\xi = x = \int_0^t V(x, t') dt'. \quad (4)$$

Относительное изменение теплофизических свойств теплопроводности (λ) и удельной теплоемкости (cr) в рассматриваемом диапазоне температур 333. . 700 К составляет 15. . 20%, что приводит к относительной погрешности решения прямой задачи теплопроводности порядка 4. . 6%. Для оценки температуры повреждения можно использовать постоянные средние интегральные значения λ и cr . Поэтому можно использовать линейное уравнение теплопроводности:

$$\frac{d}{dt} - a \frac{d^2 T}{dx^2} = 0. \quad (5)$$

где a – температуропроводность. Будем искать решение уравнения (5) в виде $T = T(\xi)$. Подставляя эту функцию в уравнение (5), после преобразование получим уравнение:

$$\frac{d^2 T}{d\xi^2} + \left(\frac{V}{a} - \int_0^t \frac{d^2 V}{dx^2} dt' \right) \left(1 - \frac{d^2 V}{dx^2} dt' \right)^{-2} \frac{dT}{d\xi}, \quad (6)$$

общее решение, которого имеет вид:

$$T(\xi) = c_1 + c_2 \exp \left[- \left(\frac{V}{a} - \int_0^t \frac{d^2 V}{dx^2} dt' \right) \left(1 - \frac{d^2 V}{dx^2} dt' \right)^{-2} \xi^{-1} \right]. \quad (7)$$

где постоянные c_1 и c_2 определяются из краевых условий.

Из выражения (7) следует:

$$-\left(1 - \frac{d\varphi}{dx}\right)^2 \ln\left(\frac{T-T_H}{T_{\xi=0}-T_H}\right)\xi^{-1} = \frac{1}{a} \frac{d\varphi}{dt} - \frac{d^2\varphi}{dx^2}, \quad (8)$$

где $\varphi = \int_0^t V dt'$. Скорость V найдем из условия $\xi = 0$, когда координата распространения возмущения φ совпадает с произвольно выбранным значением независимой переменной x . Тогда $x = \int_0^t V(x, t') dt'$ - уравнение распространения теплового возмущения, соответствующее фронту волны. При $\xi \rightarrow 0$ из (8) следует, что функция φ удовлетворяет уравнению

$$\frac{d\varphi}{dt} - a \frac{d^2\varphi}{dx^2} = 0. \quad (9)$$

и краевым условиям: $x \rightarrow 0, \varphi \rightarrow \varphi_0$; $x \rightarrow \infty, \varphi = 0$; $t \rightarrow 0, \varphi \rightarrow 0$. Решение задачи для φ в изображениях Лапласа имеет вид:

$$\varphi(x, s) = \varphi_0(s) \exp\left(-\sqrt{\frac{s}{a}} x\right), \quad (10)$$

где s – параметр преобразования Лапласа. Продифференцируем выражение (10) по x и умножим обе части полученного равенства на $s^{-3/2}$, тогда после преобразования получим

$$\sqrt{aL}^{-1} \left[\frac{\varphi}{\varphi_0} \cdot \frac{s}{s\sqrt{s}} \right] = 2 \sqrt{\frac{at}{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4at}\right) - x \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}\right), \quad (11)$$

где L^{-1} , $\operatorname{erfc} = 1 - \operatorname{erf}$ – соответственно оператор обратного преобразования Лапласа и функция ошибок Гаусса. Из выражения (11) следует, что в его левой части при $x \rightarrow 0$ числитель $\varphi \rightarrow \varphi_0$, знаменатель $\varphi_0 s \sqrt{s} \rightarrow 1$, откуда $\sqrt{a\varphi_0} \rightarrow s^{3/2}$, и $\varphi_0 = 2 \sqrt{\frac{at}{\pi}}$, что тождественно правой части этого выражения при $x=0$.

Следовательно:

$$\varphi(x, t) = 2 \sqrt{\frac{at}{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4at}\right) - x \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}\right), \quad (12)$$

откуда получаем выражение для скорости распространения изотермы

$$V = \sqrt{a} \cdot \sqrt{\frac{1}{\pi t}} \exp\left(-\frac{x^2}{4at}\right). \quad (13)$$

Таким образом, скорость V представляет произведение $\sqrt{a}$ на функцию источника в теории теплопроводности. Решение уравнения (5), выражение через скорость, в интегральной форме имеет вид:

$$\int_0^t \frac{T(t') dt'}{\sqrt{\pi(t-t')}} = \sqrt{\frac{1}{a}} \cdot \int_0^t T_0(t-t') V(t') dt', \quad (14)$$

где $T_0 = T(0, t)$ – температура на границе $x = 0$.

При $T_0 = \text{const}$ из (14) получим выражение $T = T_0 \left(1 - \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{at}}\right)$, тождественное решению, произведенному в [1]. Изображение по Лапласу решения (14) имеет вид

$$T(x, t) = T_0(s) e^{-x \sqrt{\frac{s}{a}}}.$$

оригинал, которого

$$T(x, t) = \frac{x}{2\sqrt{a\pi}} \int_0^T T_0(t-t') \frac{e^{-\frac{x^2}{4at'}}}{(t')^{3/2}} dt' . \quad (15)$$

После преобразования (15) получаем выражение:

$$q(t) = \frac{\lambda}{\sqrt{a\pi}} \int_0^T \frac{dT_0(t')}{dt'} \frac{dt'}{\sqrt{(t-t')}} , \quad (16)$$

идентично приведенному в [4].

Подставляя в (16) ГУ III рода (1), получаем уравнение для искомой температуры ($T_{cm} = T_0$) на поверхности теплообмена

$$a[T_r - T_0(t)] = \frac{\lambda}{\sqrt{a\pi}} \int_0^T \frac{dT_0(t')}{dt'} \frac{dt'}{\sqrt{(t-t')}} . \quad (17)$$

Решение уравнения в изображениях Лапласа таково $T_0(s) = \frac{T_\varphi}{s(\varphi + \sqrt{s})} + \frac{T_H}{\sqrt{s}(\varphi + \sqrt{s})}$.

Оригинал имеет вид:

$$T_0(t) = T_r + (T_H - T_r) [(1 - \operatorname{erf} \varphi \sqrt{t})] , \quad (18)$$

где $\varphi = a \sqrt{\frac{a}{\lambda}}$, λ – коэффициент теплопроводности, Вт/мК, t – текущее время, с.

По данным в [5] для двигателя Sulzer RD76 $a = 210$ Вт/м²К, $\lambda = 35$ Вт/мК, $a = 9 \cdot 10^{-6}$ м²/с, средняя за цикл температура газов $T_r = 1173$ К, начальная температура перед аварийным нагружением $T_H = 333$ К.

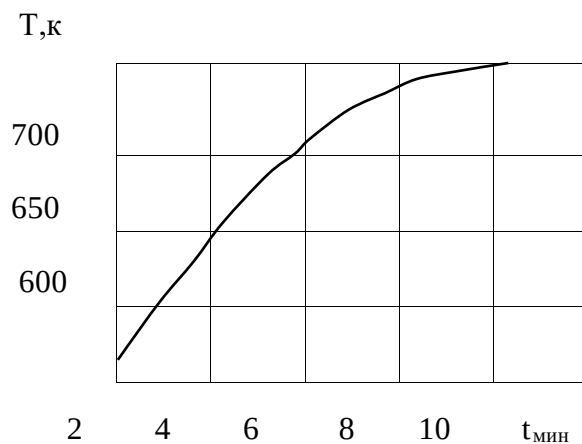


Рисунок 1 – Изменение температуры поверхности теплообмена во время аварийного нагружения двигателя Sulzer RD76

На рис. 1 показано изменение температуры поверхности теплообмена во время аварийного нагружения двигателя, описанного в [5].

Выводы. При $t = 1200 \dots 1800$ с температура днища поршня достигает предельного для данного металла значения 750 К, что повышает риск его термического повреждения. При форс-мажорных обстоятельствах (аварийном нагружении двигателя или его перегрузках при плавании во льдах) необходимо использовать съемные днища поршней из жаропрочной стали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лыков А. В. Теория теплопроводности . – Москва: Высшая школа, 1967. – 599 с.
2. Зельдович Я. Б., Рейзер Ю. П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. – Москва: Наука, 1966. – 686 с.
3. Кривошей Ф. А. Обобщение решения параболических уравнений типа бегущей волны на случай переменной скорости // Докл. АН Украины. – 1992. - №5. – С. 82-843.
4. Ландау Л. Д., Лившиц В.М. Теоретическая физика. Т. VI. Гидродинамика. – Москва: Наука. – 1988. – 736 с.
5. Овсянников М. К., Давыдов Г. А. Тепловая напряженность судовых дизелей. – Ленинград: Судостроение, – 1975. – 260 с.

Панін В.В., Кривошей Ф.О., Сьомін О.А., Макаров О.М.

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТЕРМІЧНОГО ПОШКОДЖЕННЯ ТЕПЛОНАПРУЖЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ДВИГУНА В НАБЛИЖЕННІ «БІГУЧОЇ ХВИЛІ» ТЕМПЕРАТУРИ ЗІ ЗМІННОЮ ШВИДКІСТЮ

Відомо, що в строгій постановці завдання нестационарного конвективного теплообміну повинна формулюватися і вирішуватися як сполучена завдання з граничними умовами IV роду. Така постановка передбачає вирішення зовнішньої гідродинамічної задачі і сполучення її результатів з рішенням внутрішньої задачі теплопровідності.

У наближенні «біжучої хвилі» авторами визначені граничні значення температури, при якій відбуваються термічні ушкодження (мікротріщини - «павутина») теплообмінних поверхонь двигуна внутрішнього згоряння.

У статті стверджується, що при $t = 1200 \dots 1800$ с температура днища поршня досягає граничного для даного металу значення 750 K, що підвищує ризик його термічного пошкодження. При форс-мажорних обставинах (аварійному навантаженні двигуна або його перевантаженнях при плаванні в льодах) необхідно використовувати знімні днища поршнів з жароміцної сталі.

Ключові слова: температура, «бігуча хвиля», термічне ураження.

Panin V., Krivoshey F., Syomin O., Makarov O.

DEFINING OF THE TEMPERATURE OF THERMAL DAMAGE OF THE HEAT-STRESSED SURFACES OF THE ENGINE IN THE APPROXIMATION OF «RUNNING WAVE» WITH VARIDLE VELOCITY

It is well known that, in a rigorous formulation, the problem of non-stationary convective heat exchange must be formulated and solved as an adjoint problem with boundary conditions of the fourth kind. Such a formulation assumes the solution of an external hydrodynamic problem and the conjugation of its results with the solution of an internal heat conduction problem.

In the approximation of the "traveling wave", the authors determined the limiting values of the temperature at which thermal damage occurs (microcracks - "web") of the heat exchange surfaces of the internal combustion engine.

The article states that at $t = 1200 \dots 1800$ C the temperature of the piston head reaches the limit for this metal value of 750 K, which increases the risk of its thermal damage. In case of force majeure (emergency loading of the engine or its overload when swimming in ice) it is necessary to use removable heads of heat-resistant steel pistons.

Keywords: temperature, «running wave», thermal damage.

Левченко В.В., Безверхий А.И., Макиевский А.И.

ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ КОЛЬЦЕВОЙ ФОРМЫ С АЗИМУТАЛЬНЫМИ РАЗРЕЗАМИ ЭЛЕКТРОДОВ

В пьезоэлектрических вибраторах круглой конфигурации собственные формы осесимметричных колебаний, начиная со второй собственной частоты имеют узловые концентрические круги. Вследствие возникновения зон растяжения и сжатия снижается эффективность электромеханической связи. Во избежание такого недостатка предложено разрезать электродное покрытие по узловым концентрическим кругам. Опубликованные теоретические исследования в этом направлении не дают достаточной информации анализа этого явления, что и повлекло изложенные в данной статье исследования

Авторами получено общее решение задачи об электромеханических колебаниях пьезокерамической кольцевой пластины. Для пластин с радиальными разрезами электродного покрытия при различных условиях закрепления (свободный край - свободный край, свободный край - жестко заземленный край) численно определены и проанализированы спектры собственных частот колебаний и зависимость форм колебаний от количества и геометрии разрезов.

Ключевые слова: *пьезокерамическая кольцевая пластина, радиальные разрезы покрытия электродов, неосесимметричные электромеханические колебания, спектры собственных частот.*

Анализ современного состояния проблемы. Круговые тонкие пьезокерамические диски со сплошными и разрезанными электродами используются, как элементы ультразвуковых электромеханических преобразователей для излучения и приема акустических колебаний, а также в резонаторах и фильтрах частот [4,6,7]. Концентрические электроды у виде разделенных кольцевыми разрезами или неполного электродного покрытия дают возможность выделять выбранные обертоны и гасить нежелательные колебания [4,7]. Возможны множественные варианты как электрического соединения концентрических электродов, так и размещения неполного электродного покрытия. В пьезоэлектрических вибраторах круглой конфигурации (диски и кольца) собственные формы осесимметричных колебаний, начиная со второй собственной частоты (на обертонах) имеют узловые концентрические круги [2,4,7]. Вследствие возникновения зон растяжения и сжатия снижается эффективность электромеханической связи. Во избежание такого недостатка предложено [4,7,8] разрезать электродное покрытие по узловым концентрическим кругам. Опубликованные теоретические исследования в этом направлении не дают достаточной информации анализа этого явления, что и повлекло изложенные в данной статье исследования.

Постановка и общее решение задачи. Планарные гармонические колебания пьезоэлектрической круглой пластины с электродированными лицевыми плоскостями $z = \pm h/2$ при плоском напряженном состоянии ($u_z = u_\theta = 0$, $\sigma_{zz} = \sigma_{zr} = \sigma_{z\theta}$, $E_x = E_y = 0$) в случае осесимметричной деформации описываются уравнением [1-3]

$$\frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} - \frac{u_r}{r^2} = (1 - \nu_E^2) s_{11}^E \rho \frac{\partial^2 u_r}{\partial t^2} \quad (1)$$

и формулами для механических напряжений и электрической индукции

$$\begin{aligned}\sigma_{rr} &= \frac{1}{(1-\nu_E^2)s_{11}^E} \left(\frac{\partial u_r}{\partial r} + \nu_E \frac{1}{r} \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} - (1+\nu_E)d_{31}E_z \right), \\ \sigma_{\theta\theta} &= \frac{1}{(1-\nu_E^2)s_{11}^E} \left(\nu_E \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} - (1+\nu_E)d_{31}E_z^a \right), \\ D_z &= d_{31}(\sigma_r + \sigma_\theta) + d_{33}\sigma_z + \epsilon_{33}^T E_z\end{aligned}\quad (2)$$

В соотношениях (1), (2) s_{11}^E, s_{12}^E - упругие постоянные при нулевом электрическом поле, d_{31} - пьезоэлектрическая постоянная, $\nu_E = -s_{12}^E/s_{11}^E$ - аналог коэффициента Пуассона, ρ - плотность материала [4,5].

Рассмотрим кольцевую пластину $r_0 < r < r_N$ с двусторонними разрезами электродного покрытия по кольцевым линиям $r = r_n$, где $(n = 1, \dots, N-1)$. Решение уравнения (1) при гармонических колебаниях $f(r, t) = \text{Re } f^a(r) \exp i\omega t$ будет

$$\begin{aligned}u_r^a(r) &= RA_1 J_1(k_E r) + RB_1 Y_1(k_E r), \quad r_0 < r < r_1 \\ u_r^a(r) &= RA_n J_1(k_E r) + RB_n Y_1(k_E r), \quad r_{N-1} < r < r_N\end{aligned}\quad (3)$$

Решению (3) соответствуют механические напряжения $\sigma_{rr}^a, \sigma_{\theta\theta}^a$ и электрическая индукция

$$\begin{aligned}\sigma_{rr}^a &= \frac{R}{s_{11}^E(1-\nu_E^2)} (A_n a_1(k_E r) + B_n b_1(k_E r) - (1+\nu_E)d_{13}E_{za,n}) e^{i\omega t}, \\ \sigma_{\theta\theta}^a &= \frac{R}{s_{11}^E(1-\nu_E^2)} (A_n a_2(k_E r) + B_n b_2(k_E r) - (1+\nu_E)d_{13}E_{za,n}) e^{i\omega t}, \\ r_{n-1} &< r < r_n, \quad n = 1, 2, \dots, N\end{aligned}\quad (4)$$

Здесь используются обозначения

$$\begin{aligned}a_1(k_E r) &= k_E R J_0(k_E r) - (1-\nu_E) \frac{R}{r} J_1(k_E r), \\ b_1(k_E r) &= k_E R Y_0(k_E r) - (1-\nu_E) \frac{R}{r} Y_1(k_E r), \\ a_2(k_E r) &= \nu_E k_E R J_0(k_E r) + (1-\nu_E) \frac{R}{r} J_1(k_E r), \\ b_2(k_E r) &= \nu_E k_E R Y_0(k_E r) + (1-\nu_E) \frac{R}{r} Y_1(k_E r)\end{aligned}$$

$s_E = s_{11}^E(1-\nu_E^2)$, $E_{za,n}$ - амплитуды напряженности электрического поля $E_{z,n} = \text{Re } E_{za,n} \exp i\omega t$ на кольце $r_{n-1} < r < r_n$. Принимается допущение, что для всех колец $r_{n-1} < r < r_n$ остаются справедливыми предположение о плоском напряженном состоянии и во всех них электрический потенциал поля независимый от планарных координат и изменяется по толщине по линейному закону.

Из условий сопряжения по линиям разреза r_n электродов при совершенном механическом и электрическом контактах

$$u_r(r_n - 0, t) = u_r(r_n + 0, t), \quad \sigma_r(r_n - 0, t) = \sigma_r(r_n + 0, t) \quad n = 1, \dots, N-1 \quad (5)$$

получим систему уравнений

$$\begin{aligned}A_n J_1(k_E r_1) + B_n Y_1(k_E r_1) &= A_{n+1} J_1(k_E r_1) + B_{n+1} Y_1(k_E r_1), \\ A_n a_1(k_E r_1) + B_n b_1(k_E r_1) - (1+\nu_E)d_{13}E_{za,n} &= A_{n+1} a_1(k_E r_1) + B_{n+1} b_1(k_E r_1) - (1+\nu_E)d_{13}E_{za,n+1}.\end{aligned}\quad (6)$$

$$n = 1, \dots, N - 1$$

Пользуясь рекуррентными формулами, можно определить A_n , B_n , через A_1 , B_1 ,

$$\begin{aligned} A_n &= A_1 - (1 + \nu_E) d_{13} \sum_{q=1}^{n-1} (E_{za,q+1} - E_{za,q}) \frac{Y_1(k_E r_q)}{\Delta(k_E r_q)}, \\ B_n &= B_1 + (1 + \nu_E) d_{13} \sum_{q=1}^{n-1} (E_{za,q+1} - E_{za,q}) \frac{J_1(k_E r_q)}{\Delta(k_E r_q)}, \end{aligned} \quad (7)$$

$$n = 1, 2, \dots, N,$$

Из граничных условий при $r = r_0$ вытекают следующие алгебраические уравнения:
для жестко закрепленного края $u_r(r_0, t) = 0$

$$A_1 J_1(k_E r_0) + B_1 Y_1(k_E r_0) = 0, \quad (8)$$

а для свободного от напряжений края $\sigma_r(r_0, t) = 0$.

$$A_1 a_1(k_E r_0) + B_1 b_1(k_E r_0) = (1 + \nu_E) d_{13} E_{za,1} \quad (9)$$

Из граничных условий при $r = r_N$ вытекают алгебраические уравнения:

для жестко закрепленного края $u_r(r_N, t) = 0$

$$A_N J_1(k_E r_N) + B_N Y_1(k_E r_N) = 0, \quad (10)$$

а для свободного от напряжений края $\sigma_r(r_N, t) = 0$

$$A_N a_1(k_E r_N) + B_N b_1(k_E r_N) = (1 + \nu_E) d_{13} E_{za,N} \quad (11)$$

Если подставить (7) в (10), то получим

$$A_1 J_1(k_E r_N) + B_1 Y_1(k_E r_N) = J_1(k_E r_N) \sum_{n=1}^{N-1} \alpha_n(k_E r_n) - Y_1(k_E r_N) \sum_{n=1}^{N-1} \beta_n(k_E r_n), \quad (12)$$

причем

$$\alpha_n = (E_{za,q+1} - E_{za,q}) \frac{Y_1(k_E r_q)}{\Delta(k_E r_q)}, \quad \beta_n = (E_{za,q+1} - E_{za,q}) \frac{J_1(k_E r_q)}{\Delta(k_E r_q)}.$$

Если подставить (7) в (11), то получим

$$\begin{aligned} A_1 a_1(k_E r_N) + B_1 b_1(k_E r_N) = \\ (1 + \nu_E) d_{13} E_{za,N} + a_1(k_E r_N) \sum_{n=1}^{N-1} \alpha_n(k_E r_n) - b_1(k_E r_N) \sum_{n=1}^{N-1} \beta_n(k_E r_n) \end{aligned} \quad (13)$$

Таким образом будем иметь четыре возможные комбинации граничных условий при $r = r_0$ и $r = r_N$, и соответствующие им системы для определения неизвестных постоянных A_1 , B_1 , и частотное уравнение для определения частот свободных колебаний:

1. Жестко закреплен край $r = r_0$ - жестко закреплен край $r = r_N$

$$A_1 J_1(k_E r_0) + B_1 Y_1(k_E r_0) = 0,$$

$$A_1 J_1(k_E r_N) + B_1 Y_1(k_E r_N) = J_1(k_E r_N) \sum_{n=1}^{N-1} \alpha_n(k_E r_n) - Y_1(k_E r_N) \sum_{n=1}^{N-1} \beta_n(k_E r_n); \quad (14)$$

$$\begin{vmatrix} J_1(k_0) & J_1(k_0) & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ J_1(k_1) & Y_1(k_1) & -J_1(k_1) & -Y_1(k_1) & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_1(k_1) & b_1(k_1) & -a_1(k_1) & -b_1(k_1) & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & J_1(k_2) & J_1(k_2) & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & -a_1(k_{N-2}) & -b_1(k_{N-2}) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & J_1(k_{N-1}) & Y_1(k_{N-1}) & -J_1(k_{N-1}) & -Y_1(k_{N-1}) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & a_1(k_{N-1}) & b_1(k_{N-1}) & -a_1(k_{N-1}) & -b_1(k_{N-1}) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 & J_1(k_N) & J_1(k_N) \end{vmatrix} = 0$$

2. Жестко закреплён край $r = r_0$ - свободный от напряжений край $r = r_N$

$$A_1 J_1(k_E r_0) + B_1 Y_1(k_E r_0) = 0,$$

$$A_1 a_1(k_E r_N) + B_1 b_1(k_E r_N) = (1 + \nu_E) d_{13} E_{za,N} + a_1(k_E r_N) \sum_{n=1}^{N-1} \alpha_n(k_E r_n) - b_1(k_E r_N) \sum_{n=1}^{N-1} \beta_n(k_E r_n); \quad (15)$$

$$\begin{vmatrix} J_1(k_0) & J_1(k_0) & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ J_1(k_1) & Y_1(k_1) & -J_1(k_1) & -Y_1(k_1) & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_1(k_1) & b_1(k_1) & -a_1(k_1) & -b_1(k_1) & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & J_1(k_2) & J_1(k_2) & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & -a_1(k_{N-2}) & -b_1(k_{N-2}) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & J_1(k_{N-1}) & Y_1(k_{N-1}) & -J_1(k_{N-1}) & -Y_1(k_{N-1}) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & a_1(k_{N-1}) & b_1(k_{N-1}) & -a_1(k_{N-1}) & -b_1(k_{N-1}) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 & a_1(k_N) & b_1(k_N) \end{vmatrix} = 0$$

3. Свободный от напряжений край $r = r_0$ - жестко закреплён край $r = r_N$

$$A_1 a_1(k_E r_0) + B_1 b_1(k_E r_0) = (1 + \nu_E) d_{13} E_{za,1},$$

$$A_1 J_1(k_E r_N) + B_1 Y_1(k_E r_N) = J_1(k_E r_N) \sum_{n=1}^{N-1} \alpha_n(k_E r_n) - Y_1(k_E r_N) \sum_{n=1}^{N-1} \beta_n(k_E r_n); \quad (16)$$

$$\begin{vmatrix} a_1(k_0) & b_1(k_0) & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ J_1(k_1) & Y_1(k_1) & -J_1(k_1) & -Y_1(k_1) & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_1(k_1) & b_1(k_1) & -a_1(k_1) & -b_1(k_1) & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & J_1(k_2) & J_1(k_2) & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & -a_1(k_{N-2}) & -b_1(k_{N-2}) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & J_1(k_{N-1}) & Y_1(k_{N-1}) & -J_1(k_{N-1}) & -Y_1(k_{N-1}) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & a_1(k_{N-1}) & b_1(k_{N-1}) & -a_1(k_{N-1}) & -b_1(k_{N-1}) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 & J_1(k_N) & J_1(k_N) \end{vmatrix} = 0$$

4. Свободный от напряжений край $-r = r_0$ - свободный от напряжений край $r = r_N$

$$\begin{aligned} A_1 a_1(k_E r_0) + B_1 b_1(k_E r_0) &= (1 + \nu_E) d_{13} E_{za,1}, \\ A_1 a_1(k_E r_N) + B_1 b_1(k_E r_N) &= \\ (1 + \nu_E) d_{13} E_{za,N} + a_1(k_E r_N) \sum_{n=1}^{N-1} \alpha_n(k_E r_n) - b_1(k_E r_N) \sum_{n=1}^{N-1} \beta_n(k_E r_n). \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{vmatrix} a_1(k_0) & b_1(k_0) & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ J_1(k_1) & Y_1(k_1) & -J_1(k_1) & -Y_1(k_1) & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_1(k_1) & b_1(k_1) & -a_1(k_1) & -b_1(k_1) & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & J_1(k_2) & J_1(k_2) & \vdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & -a_1(k_{N-2}) & -b_1(k_{N-2}) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & J_1(k_{N-1}) & Y_1(k_{N-1}) & -J_1(k_{N-1}) & -Y_1(k_{N-1}) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & a_1(k_{N-1}) & b_1(k_{N-1}) & -a_1(k_{N-1}) & -b_1(k_{N-1}) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 & a_1(k_N) & b_1(k_N) \end{vmatrix} = 0$$

Если внутреннее кольцо $r_0 < r < r_1$ вырождается в круглую пластину $0 \leq r < r_1$, то есть $r_0 = 0$, то решением для него будет функция

$$U_r(r) = A_1 R J_1(k_E r), \quad 0 \leq r < r_1 \quad (18)$$

т.е. постоянная $B_1 = 0$. Тогда в (7) также $B_1 = 0$. Граничных условий (8), (9) не будет, а условия (10), (11) перейдут в следующие формулы для определения A_1 :

- при жестком закреплении $u_r(r_N, t) = 0$

$$A_1 = \sum_{n=1}^{N-1} \left\{ \alpha_n(k_E r_n) - \frac{Y_1(k_E r_N)}{J_1(k_E r_N)} \beta_n(k_E r_n) \right\}; \quad (19)$$

- при свободном от напряжений крае $\sigma_r(r_N, t) = 0$

$$A_1 = (1 + \nu_E) d_{13} \frac{E_{za,N}}{a_1(k_E r_N)} + \sum_{n=1}^{N-1} \left\{ \alpha_n(k_E r_n) - \frac{b_1(k_E r_N)}{a_1(k_E r_N)} \beta_n(k_E r_n) \right\} \quad (20)$$

2. Численные результаты и их анализ.

Рассмотрим пьезокерамическую кольцевую пластину со свойствами

$$\rho = 7740 \text{ кг/м}^3, \quad s_{11}^E = 15,2 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{Н}, \quad s_{12}^E = -5,8 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{Н}, \quad d_{31} = -125 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/Н};$$

$$E_{za,1} = E_{za,2} = 2000 \text{ В/м},$$

что соответствует пьезокерамике ЦТС-19 [1,5,6],

Численный анализ проводился для пластины с геометрией $\bar{r}_0 = r_0 / R = 0,4$, $\bar{r}_4 = r_4 / R = 1$

Предполагалось, что разрезы электродного покрытия делят пластину на четыре кольца с шириной колец $h_1 = h_3$, $h_2 = h_4$ двух слоев шириной соответственно h_1 и h_2 , а ширина пакета $h = h_1 + h_2 = (r_4 - r_0) / 2$.

В нашем случае предполагалось наличие двух пакетов, что обеспечивается тремя разрезами. Ширина пакета равнялась $h = (\bar{r}_4 - \bar{r}_0) / 2$.

Численные эксперименты показали, что значения собственных частот колебаний не зависят от наличия разрезов электродов.

Рассматриваемые варианты подключения электродов приведены в таблице

Таблица 1

r	$r_0 < r < r_1$	$r_1 < r < r_2$	$r_2 < r < r_3$	$r_3 < r < R$
Напряженность (1 вид соединения)	E	$-E$	E	$-E$
Напряженность (2 вид соединения)	E	0	E	0
Напряженность (3 вид соединения)	E	0	0	0

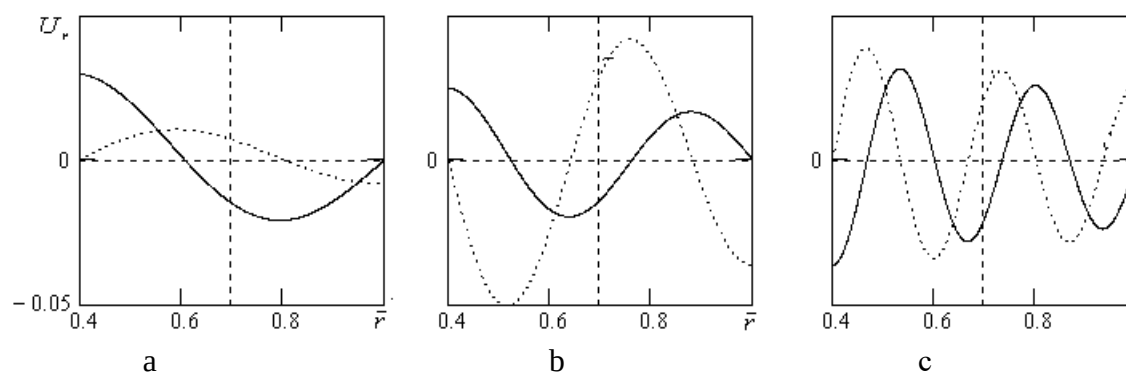


Рисунок 1 – Формы колебаний для 1^{го} вида соединения электродов

На рис. 1 для 1^{го} вида соединения электродов приведены формы колебаний при $\bar{h}_2 = h_2/R = 0.15$ второй (а), третьей (б) и пятой (с) моды колебаний, для следующих граничных условий:

2 жестко закрепленный край $r = r_0$ и свободный от напряжений край $r = r_4$ (пунктирная кривая), а значение первых пяти безразмерных собственных частот следующие $\varpi_1 = 2,76583$, $\varpi_2 = 7,93913$, $\varpi_3 = 13,14434$, $\varpi_4 = 18,36553$, $\varpi_5 = 23,59297$) и

3 свободный от напряжений край $r = r_0$ и жестко закрепленный край $r = r_4$ (сплошная кривая), а значение первых пяти безразмерных собственных частот будут $\varpi_1 = 3,20884$, $\varpi_2 = 8,04387$, $\varpi_3 = 13,20123$, $\varpi_4 = 18,40479$, $\varpi_5 = 23,62303$)

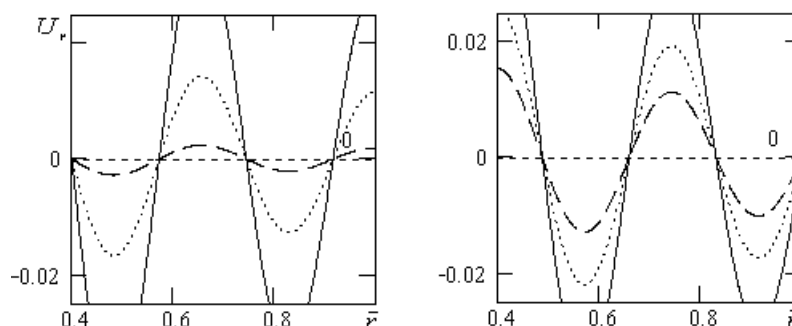


Рисунок 2 – Формы колебаний для различных видов соединения электродов

На рис. 2 приведены формы колебаний для 1^{го} вида соединения электродов (сплошная кривая), 2^{го} вида (точечная кривая), 3^{го} вида (пунктирная кривая) при $\bar{h}_2 = h_2/R = 0.15$ для тех же граничных условий что и на рис. 1. Из полученных результатов следует: вид соединения электродов влияет на величину амплитуды колебаний.

Проанализируем влияние ширины электродированного кольца на амплитуду колебаний для различных частот, при разных граничных условиях.

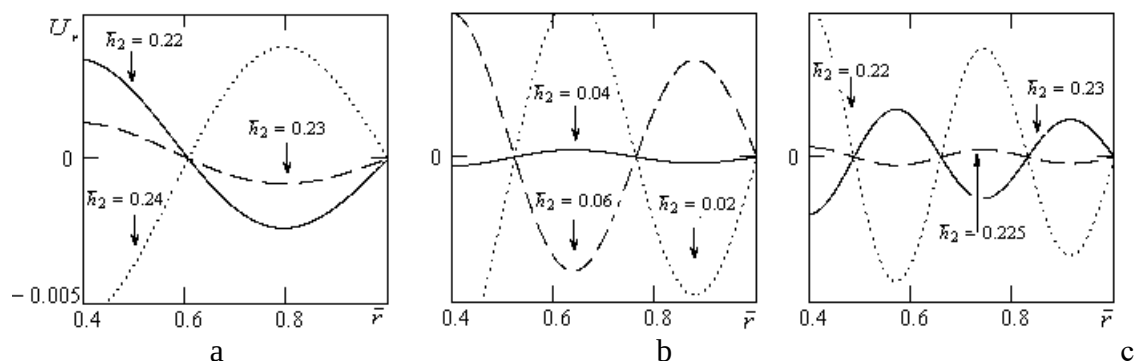


Рисунок 3 – Формы колебаний для различных мод для граничных условий 2

Для граничных условий 2 (жестко закрепленный край $r = r_0$ и свободный от напряжений край $r = r_4$) на рис.3 представлены формы колебаний для различных мод(второй (а), третьей (b) и пятой(с)).

Для граничных условий 3 (свободный от напряжений край $r = r_0$ и жестко закрепленный край $r = r_4$) аналогичные результаты представлены на рис.4.

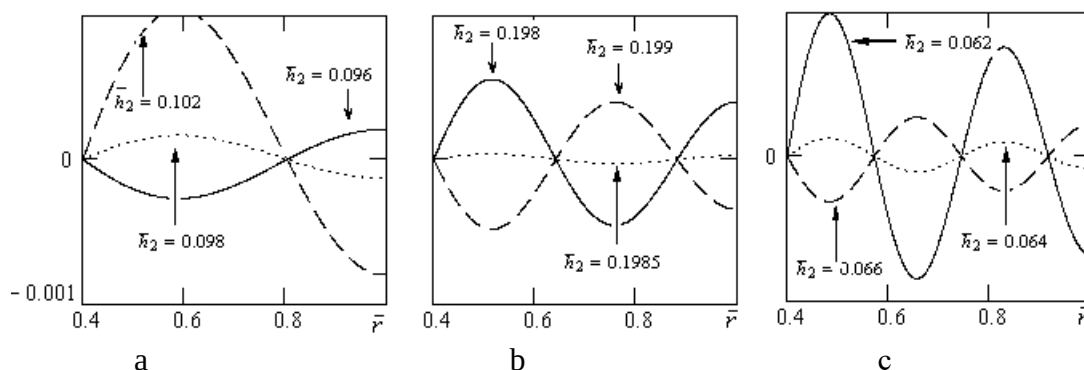


Рисунок 4 – Формы колебаний для различных мод для граничных условий 3

Анализ результатов представленных на рис.3 и рис. 4 показал, что изменением толщины слоев можно изменять амплитуду колебаний и добиться ее нулевого значения.

Узловая точка обусловленная разрезами, как показали численные эксперименты может быть только одна для выбранного типа разрезов. Нулевого значения амплитуды колебаний при первом типе соединений можно добиться изменением ширины одного из слоев в пакете.

Выводы. В тонких кольцевых пьезокерамических пластинах с азимутальными разрезами электродов на лицевых плоскостях возбуждаются планарные колебания. В статье получено общее решение соответствующей задачи. Для двух типов альтернативных граничных условий численно проанализирована спектральная задача.

В работе показано, что азимутальные двусторонние разрезы электродов не приводит к изменению собственных частот колебаний кольцевой пьезокерамической пластины. Узловые точки колебаний совпадают при всех возможных вариантах соединений электродов и в окрестности узловых точек формы колебаний, как правило, меняют значение амплитуды на противоположное по знаку. Изменением радиуса разреза можно изменять амплитуду формы колебаний, за исключением случая параллельной поляризации всех колец.

Показано, что введением разрезов можно существенно изменить форму колебаний. Установлено количество узловых линий собственных форм и зависимость их числа от

количества разрезов и типа соединений электродов. по радиальной координате (форма по азимуту определяется количеством радиальных разрезов).

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьелесан Э., Руайе Д. Упругие волны в твердых телах. Применение для обработки сигналов. – М.: Наука. 1982. – 424 с.
2. Механика связанных полей в элементах конструкций. В 6-х т.; Т. 5. Электроупругость / Гринченко В. Т., Улитко А. Ф., Шульга Н. А. / Отв. ред. А. Н. Гузь. – К.: Наук. думка, 1989. – 280 с.
3. Партон В. З., Кудрявцев Б. А. Электромагнитоупругость пьезоэлектрических и электропроводных тел: - М.: Наука, 1988. – 472 с.
4. Шульга М. О., Карлаш В. Л. Резонансні електромеханічні коливання п'єзоелектричних пластин – К.: Наук. думка, 2008. – 272 с.
5. Шульга М. О., Левченко В. В. До теорії неосесиметричних електропружних коливань п'єзокерамічних пластин // Доп. НАН України. – 2012. – № 6. – С. 61-68.
6. Mason W. P. Piezoelectricity, its history and applications // J. Acoust. Soc. Am. – 1981. – 70, N 6. – P. 1561 – 1566.
7. Munk E. C. The equivalent electrical circuit for radial modes of a piezoelectric ceramic disk with concentric electrodes // Phillips Res. Rep. – 1965. – 20. – P.170-189.
8. Shul'ga N. A., Levchenko V. V., Mekievskii O. I. Non-axisymmetric Electroelastic Vibrations of Piezoceramic of Ring Plates with Radial Cuts of Electrodes // Int. Appl. Mech. – 2012. – 48, N4. – P. 94-104.

Левченко В.В., Безверхий О.І., Макієвський О.І.

ГАРМОНІЧНІ КОЛИВАННЯ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ КІЛЬЦЕВОЇ ФОРМИ З АЗИМУТАЛЬНИМИ РОЗРІЗАМИ ЕЛЕКТРОДІВ

У п'єзоелектричних вібраторах круглої конфігурації власні форми осесиметричних коливань, починаючи з другої власної частоти мають вузлові концентричні кола. Внаслідок виникнення зон розтягування і стиснення знижується ефективність електромеханічного зв'язку. Щоб уникнути такого недоліку запропоновано розрізати електродне покриття по вузловим концентричних колах. Оpubліковані теоретичні дослідження в цьому напрямку не дають достатньої інформації аналізу цього явища, що і спричинило викладені в даній статті дослідження

Одержано загальний розв'язок задачі про електромеханічні коливання п'єзокерамічної кільцевої пластини. Для пластин з радіальними розрізами електродного покриття при різних умовах закріплення (вільний край – вільний край та жорстке закріплення – жорстке закріплення) чисельно визначено і проаналізовано спектри власних частот коливань і залежність форм коливань від числа і геометрії розрізів.

Ключові слова: п'єзокерамічна кільцева пластинка, радіальні розрізи покриття електродів, неосесиметричні електромеханічні коливання, спектри власних частот.

Levchenko V., Bezverkhyy O., Mekievskiy O.

HARMONIC OSCILLATIONS OF PIEZOELECTRIC ELECTROMECHANICAL CONVERTERS OF THE RING FORM WITH AZIMUTHAL SECTIONS OF ELECTRODES

In piezoelectric vibrators of circular configuration, the own forms of axisymmetric vibrations, starting from the second natural frequency, have nodal concentric circles. Due to the emergence of zones of tension and compression decreases the efficiency of electromechanical communication. In order to avoid such a drawback, it has been proposed to cut the electrode coating in nodal concentric

circles. Published theoretical studies in this direction do not provide sufficient information for analyzing this phenomenon, which resulted in the research outlined in this article.

The general solution of problem electromechanical vibrations of piezoceramic ring plate is obtained. For the plates with radial cuts of electrode covering and for boundary conditions rigid clamping - free edge, free edge - rigid clamping the spectra of natural frequencies of vibrations are mode shapes for the first harmonics in the circumferential coordinate are identified are numerically determined and analyzed

Keywords. *piezoceramic ring plate, radial cuts of electrode covering, non-axisymmetric electromechanical vibrations, spectra of natural frequencies.*

REFERENCES

1. D'yeesan E., Ruayye D. Uprugiy volny v tverdykh telakh. Primeneniye dlya obrabotki signalov. – M.: Nauka. 1982. – 424 s.
2. Mekhanika svyazannykh poley v elementakh konstruktsiy. V 6-kh t.; T. 5. Elektrouprugost' / Grinchenko V. T., Ulitko A. F., Shul'ga N. A. / Otv. red. A. N. Guz'. – K.: Nauk. dumka, 1989. – 280 s.
3. Parton V. Z., Kudryavtsev B. A. Elektromagnitoupugost' p'ezoelektricheskikh i elektroprovodnykh tel: - M.: Nauka, 1988. – 472 s.
4. Shul'ga M. O., Karlash V. L. Rezonansnyye elektromekhanicheskiye kolivaniya p'ezoelektricheskikh plastin – K.: Nauk. dumka, 2008. – 272 s.
5. Shul'ga M. O., Levchenko V. V. Do teoriy neosesimetricnykh yelektropruzhnikh kolivan' p'ezokeramicheskikh plastin // Dop. NAN Ukraїni. – 2012. – № 6. – S. 61-68.
6. Mason W. P. Piezoelectricity, its history and applications // J. Acoust. Soc. Am. – 1981. – 70, N 6. – P. 1561 – 1566.
7. Munk E. C. The equivalent electrical circuit for radial modes of a piezoelectric ceramic disk with concentric electrodes // Phillips Res. Rep. – 1965. – 20. – P.170-189.
8. Shul'ga N. A., Levchenko V. V., Mekievskii O. I. Non-axisymmetric Electroelastic Vibrations of Piezoceramic of Ring Plates with Radial Cuts of Electrodes // Int. Appl. Mech. – 2012. – 48, N4. – P. 94-104.

Ткаченко Н.Є.

ДВОФАЗНА СУМІШ У РУХОМОМУ ПАРАЛЕЛЕПЕДІ ПРИ ІМПУЛЬСНОМУ ВПЛИВІ

У статті визначено, що задачі динаміки двофазних сумішей є важливими та актуальними для сучасної промисловості. Рухомість рідини впливає на керованість відповідних об'єктів.

У статті проведено порівняльний аналіз динамічних процесів у двофазній суміші в нерухомому та рухомому прямокутних паралелепіпедах при зовнішньому імпульсному впливі, використовуючи математичну модель, побудовану на основі кінетичного підходу. Проведено порівняння середніх характеристик руху системи частинок у рухомому та нерухомому паралелепіпедах.

Досліджено рух системи рідина-частинки в рухомому паралелепіпеді, обумовлений вводом частинок у рідину і прикладанням імпульсивного тиску на вільній поверхні рідини, використовуючи модель двофазного середовища рідина-частинки, яка побудована на основі статистичного підходу. Знайдено закон розподілу середньої густини частинок на кінетичному та дифузійному режимі.

Ключові слова: двофазна суміш, кінетичний підхід, рухомий прямокутний паралелепіпед, густина розподілу.

Постановка проблеми. На практиці в ракетах, кораблях, цистернах, що перевозять паливо, необхідно транспортувати резервуари з двофазними сумішами. Процеси, що відбуваються при цьому, суттєво відрізняються від тих, які мають місце при перевезенні однорідних рідин. Задачі динаміки таких сумішей є важливими та актуальними для сучасної промисловості. Рухомість рідини впливає на керованість відповідних об'єктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням частинних випадків руху дисперсних сумішей приділяли увагу Нігматуллін Р.І., Ганієв Р.Ф., Український Л.Є., Мелешко В.В. та ін. [1, 2]

Мета дослідження полягає в знаходженні розподілу середніх значень дисперсної суміші в рухомому прямокутному паралелепіпеді, використовуючи статистичну модель, побудовану на основі кінетичної теорії; проведенні порівняльного аналізу середніх величин, що характеризують рух суміші в рухомому та нерухомому паралелепіпедах.

Основні результати дослідження. У даній роботі використовуємо модель опису дисперсної суміші, яка приведена у статті [3]. Методами статистичної механіки [4] побудовані осереднені параметри фаз і відповідні суцільні середовища, якими заміняємо частинки й рідину. Зупинимось тут тільки на основних припущеннях. Розміри частинок значно менші відстаней, на яких осереднені параметри фаз суттєво змінюються. Сили в'язкості рідини враховуються лише при її взаємодії з частинками. На окрему частинку діють сила тяжіння, сила тертя, сила Архімеда, сила, обумовлена прискоренням руху частинок відносно рідини, сила Жуковського і випадкова сила типу Ланжевєнівського джерела. Вважаємо, що початкові умови для кожної частинки є випадковими величинами.

Моделі для опису руху системи частинок і рідини будують на різних рівнях, а саме: систему частинок описують на кінетичному рівні в фазовому просторі однієї частинки (середні величини, що відносяться до фізичного простору, визначаються шляхом осереднення по фазовому простору); рідина описується на гідродинамічному рівні в фізичному просторі, з врахуванням середніх сил взаємодії з додаванням у правих частинах рівнянь осереднених сил

взаємодії між фазами [5, 6]. У нашому випадку частинки займають менший об'єм ніж рідина, і середня густина ρ суцільного середовища, яким замінюємо систему частинок, значно менша густини рідини без частинок ρ_p . Для частинок маємо два параметри релаксації: густинний – $n_0 r_0^3$ і дисипативний – γ . Тут $n_0 = \frac{N}{\tilde{V}}$, де n_0 – середня густина кількості частинок при відсутності зовнішніх полів, N загальне число частинок, $\tilde{V}$ – весь об'єм, r_0 – приведений радіус частинок. Параметр γ визначає час релаксації по швидкості в дисипативній системі – час, за який встановлюється локальна рівновага системи по швидкостях [5].

Будемо розглядати відкритий паралелепіпед висоти h (до вільної поверхні), ширини $2l_2$ і довжини $2l_1$. У початковий момент часу в ньому знаходиться ідеальна, нестислива рідина в стані гідростатичної рівноваги. Рухому систему координат $OXYZ$ пов'яжемо з паралелепіпедом. Вісь OZ направимо по вертикалі вгору, OY – по горизонталі в напрямку початкового руху посудини. Вільну поверхню рідини приймаємо за площину $OZ = h$ рухомої декартової системи координат. Позначимо $O_1\xi\eta\zeta$ – нерухому систему координат, яка відповідає початковому положенню паралелепіпеда. В початковий момент часу в площині $Z = h$ вводяться частинки з початковою середньою швидкістю $\vec{v}_0$ і середньою густиною ρ_0 . Крім того в цей же момент часу відбувається імпульсна зміна тиску в площині $Z = h$. Сам паралелепіпед починає коливатись в горизонтальному напрямку по синусоїдальному закону $W = w_0 \sin \omega t$.

Будемо вивчати відносний рух рідини і системи частинок відносно паралелепіпеда. Рух системи відбувається на двох рівнях: кінетичному і дифузійному. На кінетичному режимі встановлюється локальна рівновага системи частинок по швидкостях, а характеристики рідини не змінюються. Еволюцію системи в просторі і часі розглядаємо на дифузійному режимі [3] при

$$\frac{1}{\gamma} \leq t \leq \frac{L^2}{D_g}, \quad (1)$$

L – максимальний лінійний розмір посудини, де знаходиться дисперсна суміш, D_g – коефіцієнт дифузії на дифузійному режимі.

Для системи частинок на дифузійному режимі можемо використовувати рівняння Колмогорова-Фокера-Планка, або, осереднюючи його по імпульсах, отримаємо кінетичне рівняння типу рівняння Енштейна-Смолуховського

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \frac{p_c}{m} \left(-\frac{1}{\gamma} \bar{g} + \ddot{w} \frac{m}{k} + \frac{\bar{Q}}{\gamma m} \right) \frac{\partial F}{\partial \bar{q}} = D_g \frac{\partial^2 F}{\partial \bar{q}^2}. \quad (2)$$

Тут F – одночастинкова функція густини ймовірності розподілу частинок, p_c – середній імпульс частинок на кінетичному режимі, $\bar{q} = \{q_1, q_2, q_3\}$ – координата в осередненому одночастинковому просторі, $\bar{Q}$ – осереднені непотенціальні сили міжфазової взаємодії. При вивченні процесів в двофазній суміші потрібно задати умови нормування для функції густини ймовірності, початкові, граничні умови для частинок та зовнішнього середовища. Середні величини вираховуємо так, як вказано в роботі [3].

Якщо використовуємо кінетичне рівняння типу рівняння Енштейна-Смолуховського, то середня густина суцільного середовища, яким заміняємо систему частинок, визначається так

$$\rho(\vec{x}, t) = \frac{N}{V} \int F \delta(\vec{x} - \vec{q}(t)) d\vec{q}, \quad (3)$$

$\vec{x} = \{x, y, z\}$ – координата фізичного простору. Аналогічно визначаємо інші середні величини для частинок. У кінетичних рівняннях змінні $\vec{p}, \vec{q}$ відносяться до фазового простору, а змінні фізичного простору x, y, z входять як параметри.

Таким чином, для опису суміші рідини-частинки маємо систему взаємопов'язаних рівнянь: кінетичні рівняння Колмогорова-Фокера-Планка або рівняння (3) і систему рівнянь Ейлера, доповнену в правих частинах осередненими силами взаємодії, які залежать від розв'язків кінетичних рівнянь.

У цьому випадку для рідини маємо систему рівнянь:

$$\frac{\partial \rho_p}{\partial t} + \frac{\partial(\rho_p \vec{V})}{\partial t} = 0 \quad ; \quad (4)$$

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = -\frac{(1-a_1\rho)}{\rho_p} \frac{\partial P}{\partial \vec{x}} + \frac{k\rho}{m\rho_p} (\vec{v} - \vec{V}) - (\vec{\dot{w}} + \vec{g}) \left(1 - a_2 \frac{\rho}{\rho_p}\right) \vec{E}$$

$$\vec{E} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{Bmatrix}, \quad (5)$$

$$\rho_p c_p \frac{dT}{dt} = -P \frac{d\vec{V}}{dt}, \quad P = \tilde{\rho}_p R T, \quad (6)$$

$\vec{V}$ – швидкість рідини, P – гідродинамічний тиск, a_1, a_2 – коефіцієнти, що залежать від початкової густини рідини і частинок, T – температура рідини, $\vec{v}$ – середня швидкість руху частинок. Початкові умови, що характеризують введення частинок в одній точці та з однією середньою швидкістю, зручно задавати для функції F

$$F|_{t=0} = \delta(q_1 - h) \delta(q_2 - h) \delta(q_3 - h) (p_1 - 0) (p_2 - 0) (p_3 - mv_{03}). \quad (7)$$

Граничні умови задаємо для середніх величин

$$\rho|_{Z=h} = \rho_0, \quad \vec{v}|_{Z=h} = \vec{v}_0. \quad (8)$$

Пристінний кнудсеновський шар [4] для частинок не враховуємо. На стінках посудини середня швидкість руху частинок дорівнює нулю. Для рідини

$$\vec{V}_v|_{\Gamma} = 0 \quad \vec{V}|_{Z=0} = 0, \quad (10)$$

$\vec{v}$ – орт нормалі до поверхні посудини, Γ – внутрішня поверхня посудини

$$P|_{Z=h} = P_0, \quad P = P_0 + \Delta P \text{ при } Z = h, \quad 0 < t < \tau. \quad (11)$$

Функції $\vec{V} = \vec{V}(x, y, z, t)$, $P = P(x, y, z, t)$ визначаються в фізичному просторі. Вони залежать тільки від середніх величин, які характеризують рух частинок і виражаються через змінні фізичного простору (x, y, z, t) . Наша задача зводиться до змінних тільки фізичного простору, тобто можемо розв'язати кінетичні рівняння в загальному вигляді, задовольняючи

початковим умовам (8), знаючи розв'язок кінетичного рівняння визначимо в загальному вигляді і вирази для середніх густини ρ і швидкості $\vec{v}$ як функцій змінних фізичного простору.

Будемо розглядати малі коливання дисперсної суміші. Відзначимо, що величини ρ і $\vec{v}$ залежать також від сил, обумовлених взаємодією частинок з рідиною. В подальшому приводимо систему рівнянь до безрозмірного вигляду і опускаємо риси над безрозмірними змінними. Оскільки концентрація частинок у дисперсійній системі мала, то $\rho_0 / \rho_{p_0} \ll 1$. Цю величину будемо вважати малим параметром. Розкладемо систему рівнянь, що описують рух дисперсійної суміші, в ряди по малому параметру. В нульовому наближенні взаємопов'язана система рівнянь розпадається на систему рівнянь для рідини (це рівняння Ейлера для нестисливої рідини) і рівняння для частинок з відомими початковими та граничними умовами.

Згідно з роботою [8] рух, який виникає в нестисливій ідеальній рідині за рахунок імпульсивного тиску буде потенціальним і в момент безпосередньо після прикладання сил $\vec{V} = \text{grad}\varphi$.

В нульовому наближенні для рідини маємо $\Delta\varphi = 0$

$$P = \frac{\partial\varphi}{\partial t} + \frac{P_0}{\rho_p v_0} + \frac{V^2}{2} - \dot{w}y + (h - z) . \quad (12)$$

Оскільки розглядаємо малі коливання, то граничні умови на вільній деформованій поверхні, рівняння якої нам невідомі, будемо задавати на недеформованій вільній поверхні. Для рідини граничні умови можемо записати через нульові значення зміни потенціалу на бічних поверхнях паралелепіпеду. а на вільній поверхні матимемо

$$\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} + g_1 \frac{\partial\varphi}{\partial z} \right)_{z=h_1} = -\omega_0^2 y \sin \omega_0 t . \quad (13)$$

Ця формула (13) виражає умову того, що тиск постійний на недеформованій вільній поверхні рідини.

Не будемо приводити тут дуже громіздкі вирази для розв'язків. Для прикладу наведемо вираз нульового наближення середньої густини розподілу частинок на дифузійному режимі

$$\begin{aligned} 1 < t < \frac{L}{D_2}, \\ \rho^0 = \rho_0 \exp \left\{ -\frac{1}{D_2(t-1)} \left[\left(x - \frac{a_1}{2} \right)^2 + \left[y - \frac{a_1}{2} + C_6(\cos \omega_0 t - \beta_1) - B_4 \sum_{v=1,3,5} \frac{chb_1 v z \sin b_1 y (\cos \omega_0 t - \beta_1)}{v(\nu shb_2 v - b chb_2 v)} \right]^2 \right] \right\} - \\ + \left[z - h_1 + B_2(t-1) + B_5 \sum_{v=1,3,5} \frac{shb_1 v z \cos b_1 y}{v(\nu shb_1 v - b chb_1 v)} (\cos \omega_0 t - \beta_1) \right]^2 \Bigg\}, \end{aligned}$$

Розв'язок проведено до другого наближення. Опишемо характер розподілу середньої густини частинок в паралелепіпеді, який коливається. Порівняємо його з відповідним розподілом в нерухомому паралелепіпеді [3]. Протягом кінетичного режиму частинки рухаються з постійною густиною вниз таким же чином, як і в нерухомій посудині. Середня швидкість частинок не змінюється.

На зміну швидкостей впливають як процеси всередині системи частинок, так і процеси, обумовлені взаємодією частинок з середовищем, що оточує їх. Флуктуації в самій системі частинок відбуваються суттєво швидше, ніж в рідині, яка оточує частинки. При встановленні рівноважного стану по швидкостях основний вплив на зміну швидкості мають флуктуації в системі частинок, а не хвильовий рух рідини. Період коливань рідини й паралелепіпеда

суттєво більше тривалості кінетичного режиму. Хвильовий рух рідини не встигає вплинути на процес релаксації частинок. Частинки намагаються встановити рівновагу по швидкостях на мікрорівні. Середні характеристики руху частинок не встигають змінитись за цей час. Середня швидкість руху частинок направлена вниз і дорівнює швидкості вприскування частинок.

На дифузійному режимі маємо суттєві відмінності в поведінці частинок у рухомій і нерухомій посудині. В нерухомій посудині частинки намагаються рівномірно розподілитися по всьому об'єму. Середня густина частинок зменшується з плином часу. Хвильовий рух рідини заважає рівномірному розподілу частинок. На експоненціальні залежності від координат накладаються гармонічні складові, обумовлені взаємодією з хвильовим рухом рідини, який заважає розповсюдженню частинок. У рухомому паралелепіпеді також маємо експоненціальну залежність від координат і часу. Хвильовий рух рідини практично мало впливає на розповсюдження частинок по осі OX , заважає руху в напрямку руху паралелепіпеда (вісь OY), сприяє руху в напрямку осі OZ . На експоненціальні криві накладаються гармонічні складові, які мають особливі точки. Криві, що характеризують розповсюдження частинок вздовж вертикальної осі та в напрямку руху паралелепіпеда мають суттєві випуклості в окремих областях простору різні для кожного фіксованого моменту часу. При достатньо високих частотах коливань паралелепіпеда утворюються області локалізації частинок, які змінюють своє положення при зміні комбінацій параметрів системи.

Висновки. Досліджено рух системи рідина-частинки в рухомому паралелепіпеді, обумовлений вводом частинок у рідину і прикладанням імпульсивного тиску на вільній поверхні рідини, використовуючи модель двофазного середовища рідина-частинки, яка побудована на основі статистичного підходу. Знайдено закон розподілу середньої густини частинок на кінетичному та дифузійному режимі. Проведено порівняння розподілу середньої густини частинок у рухомому і нерухомому паралелепіпедах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нигматуллин Р. И. Основы механики гетерогенных сред. – М.: Наука, 1978. – 336 с.
2. Безымянная Э. Н., Гуржий А. А., Яременко Я. В. Идентификация областей интенсивной адвекции выделенной жидкости внутри прямоугольной полости с подвижными границами // Вісник Харківського Національного Університету. – 2011. – № 960. – С. 13-20.
3. Ткаченко Н. Є. Розподіл компонентів двухфазної суміші в паралелепіпеді при імпульсному впливові // Водний транспорт. – 2016. – № 2(25). – С. 63-69.
4. Климонтович Ю. Л. Кинетическая теория неидеального газа и неидеальной плазмы. – М.: Наука, 1975. – 352 с.
5. Ткаченко Н. Е., Ткаченко С. Е. Двухфазная смесь в зазоре // Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. – 2001. – № 5. – С. 360-364.
6. Климонтович Ю. Л. Кинетическая теория неидеального газа и неидеальной плазмы. – М.: Наука, 1975. – 352 с.
7. Кильчевский Н. А., Кильчинская Г. А., Ткаченко Н. Е. Аналитическая механика континуальных систем. – К.: Наукова думка, 1979. – 188 с.
8. Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. В. Теоретическая гидромеханика. М.: Гостехиздат, 1963, 1. – 560 с.

Ткаченко Н.Е.

ДВУХФАЗНАЯ СМЕСЬ В ПОДВИЖНОМ ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕДЕ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

В статье определено, что задачи динамики двухфазных смесей важны и актуальны для современной промышленности. Подвижность жидкости влияет на управляемость соответствующих объектов.

В статье проведен сравнительный анализ динамических процессов в двухфазной смеси в неподвижном и подвижном прямоугольного параллелепипеда при внешнем импульсном воздействии, используя математическую модель, построенную на основе кинетического подхода. Проведено сравнение средних характеристик движения системы частиц в подвижном и неподвижном параллелепипедах.

Исследовано движение системы жидкость-частицы в подвижном параллелепипеде, обусловлен вводом частиц в жидкость и приложением импульсивного давления на свободной поверхности жидкости, используя модель двухфазной среды жидкость-частицы, которая построена на основе статистического подхода. Найдено закон распределения средней плотности частиц на кинетическом и диффузионном режиме.

Ключевые слова: двухфазная смесь, кинетический подход, подвижный прямоугольный параллелепипед, плотность распределения.

Tkachenko N.

TWO-PHASE MIXTURE COMPONENTS IN THE PARALLELEPIPED AT IMPULSE ACTION

The article determines that the problems of the dynamics of biphasic mixtures are important and relevant for modern industry. The fluidity of the fluid affects the handling of the relevant objects.

In the article a comparative analysis of dynamic processes in a two-phase mixture in stationary and moving rectangular parallelepipeds with external impulse influence is carried out using a mathematical model constructed on the basis of the kinetic approach. A comparison of the average characteristics of the motion of a particle system in a moving and stationary parallelepiped is carried out.

The motion of a liquid-particle system in a moving parallelepiped is studied, due to the introduction of particles into a liquid and the application of impulsive pressure on a free surface of a liquid, using a model of a two-phase media of a liquid-particle, which is based on the statistical approach. The law of distribution of the average particle density was found on the kinetic and diffusion modes.

Keywords: two-phase mixture, kinetic approach, density of particles distribution.

REFERENCES

1. Nigmatullin R. I. Osnovy mehaniki geterogennih sred. – M.: Nauka, 1978. – 336 c.
2. Bezmyannaya E. N., Gurzhij A. A., Yaremenko Ya. V. Identifikaciya oblastej intensivnoj advenkcii vydelennoj zhidkosti vnutri pryamougolnoj polosti s podvizhnymi granicami // Visnik Harkivskogo Nacionalnogo Universitetu. – 2011. – № 960. – С. 13-20.
3. Tkachenko N. Ye. Rozpodil komponentiv dvuhfaznoyi sumishi v paralelepipedi pri impulsnomu vplivovi // Vodnij transport. – 2016. – № 2(25). – S. 63-69.
4. Klimontovich Yu. L. Kineticheskaya teoriya neidealnogo gaza i neidealnoj plazmy. – M.: Nauka, 1975. – 352 s.
5. Tkachenko N. E., Tkachenko S. E. Dvuhfaznaya smes v zazore // Visnik Kiyivskogo nacionalnogo universitetu im. T. Shevchenka. – 2001. – № 5. – S. 360-364.
6. Klimontovich Yu. L. Kineticheskaya teoriya neidealnogo gaza i neidealnoj plazmy. – M.: Nauka, 1975. – 352 s.
7. Kilchevskij N. A., Kilchinskaya G. A., Tkachenko N. E. Analiticheskaya mehanika kontinualnyh sistem. – K.: Naukova dumka, 1979. – 188 s.
8. Kochin N. E., Kibel I. A., Roze N. V. Teoreticheskaya gidromehanika. M.: Gostehizdat, 1963, 1. – 560 s.

Мехтиев Г.А., Исмаилов С.С.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АСИНХРОНИЗИРОВАННЫХ СИНХРОННЫХ ВАЛОГЕНЕРАТОРОВ НА СУДАХ С ВРШ

В настоящее время повышение экономичности судовых электроэнергетических систем осуществляется с использованием мощности главных двигателей для производства электрической энергии. Применение валогенераторов на судах позволяет уменьшить себестоимость электроэнергии и снизить эксплуатационные расходы.

В статье рассматривается применение валогенераторных установок (ВГУ) на современных судах. Приведены разновидности ВГУ и их экономический эффект. Основное внимание уделено валогенераторным установкам, применяемым на судах с винтом регулируемого шага (ВРШ). Даны основные параметры асинхронизированного синхронного генератора, указаны его преимущества и недостатки.

Приведена упрощенная схема лабораторного стенда ВГУ с асинхронизированным синхронным генератором, где в качестве асинхронизированного синхронного генератора применен асинхронный двигатель с фазным ротором, в качестве главного двигателя применен регулируемый двигатель постоянного тока.

Ключевые слова: валогенератор, судно, асинхронизированный синхронный генератор, главный двигатель, преобразователь частоты, винт регулируемого шага.

Постановка проблемы. В настоящее время повышение экономичности судовых электроэнергетических систем (СЭЭС) осуществляется с использованием мощности главных двигателей для производства электрической энергии. Применение валогенераторов на судах позволяет уменьшить себестоимость электроэнергии и снизить эксплуатационные расходы.

Валогенераторные установки установлены на большинстве судов современной постройки. Ведущие судостроители по-разному решают проблему стабилизации частоты тока и напряжения валогенераторных установок. В связи с этим на современных судах находят применение валогенераторные установки различных типов, в том числе и валогенераторные установки с асинхронизированным синхронным генератором. Последние из этих типов имеют большие преимущества для судов с винтом регулируемого шага.

Анализ последних достижений и публикаций. Общее признание в этом направлении получили работы О.С. Хватова, А.В. Григорьева, В.А. Петухова, А.А. Иванова, Ю.Д. Зубкова, С.К. Бохяна, В.И. Радина, Н.Д. Торопцева, А.В. Новикова и др. В приведенных работах рассмотрены формирование предложений по модернизации уже находящихся в эксплуатации установок с целью оптимизации режимов их эксплуатации, разработка ВГУ нового поколения. Даны описания основных типов ВГУ с постоянной и переменной частотой вращения валогенератора (ВГ). Рассматриваются основные способы стабилизации напряжения и частоты, конструкция и принцип действия ВГУ, основные режимы эксплуатации ВГУ с синхронным ВГ и полупроводниковым преобразователем.

На основе теоретических и экспериментальных исследований изучен вопрос работы ВГ на судах с ВРШ с переменной частотой вращения, а также возможность реализации двигательного режима эксплуатации установки данного типа.

Цель исследования. Исследование процесса регулирования выходного напряжения и частоты генератора методом изменения его скорости вращения с изменением частоты тока ротора.

Изложение основного материала.

Общие сведения о валогенераторных установках судов с ВРШ. В настоящее время валогенераторные установки устанавливаются на большинстве судов современной постройки. Одним из основных показателей, доказывающих целесообразность применения валогенераторных установок (ВГУ) в составе судовой электроэнергетической системы (СЭЭС), является уменьшение себестоимости электроэнергии в среднем на 15÷20% [1, 2, 3]. Как известно, ВГУ находят применение как на судах, где в качестве движителя используется винт регулируемого шага (ВРШ), так и на судах с винтом фиксированного шага (ВФШ). Валогенераторные установки на судах с ВРШ являются наиболее распространенными на морском флоте. На судах с ВРШ и валогенераторной установкой применяют два способа управления главными двигателями (ГД):

1) управление ГД по валогенераторной характеристике. В данном варианте скорость судна регулируется изменением шага винта, частота вращения ГД при этом остается постоянной;

2) управление ГД по комбинаторной характеристике. В этом варианте скорость судна изменяется одновременным регулированием шагового отношения и частоты вращения винта.

Комбинаторный способ управления экономичен, однако в этом случае необходимо отключать ВГ, так как частота вырабатываемой электроэнергии будет изменяться. Следует отметить, что в настоящее время ВГУ на судах с ВРШ работают в основном с постоянной скоростью вращения. Они проще по конструкции, обладают высоким КПД и хорошими массогабаритными показателями. Однако эффективность энергетической установки еще можно увеличить, если при уменьшении нагрузки главного двигателя одновременно изменять угол поворота лопастей ВРШ, т.е. поддерживать оптимальное соотношение частоты вращения и шага винта. При таком управлении снижается расход горюче-смазочных материалов и экономический эффект на судах с ВРШ еще может увеличиваться до 20% [4]. Для достижения такого экономического эффекта на судах с ВРШ и ВГУ необходимо при регулировании скорости вращения ГД стабилизировать частоту тока валогенератора (ВГ). Стабилизацию частоты тока ВГ можно осуществить с применением планетарных передач или полупроводниковых преобразователей (ПП) частоты. Однако эти стабилизирующие элементы увеличивают вес и габарит ВГУ, уменьшают его КПД и усложняют обслуживание установки.

Последние годы много пишут о целесообразности применения валогенераторных установок на судах с ВРШ асинхронизированных синхронных генераторов [2, 4 – 6].

Асинхронизированный синхронный валогенератор. Асинхронизированная синхронная машина (АСМ) представляет собой по конструкции асинхронную машину с фазным ротором, которая имеет симметричную трехфазную обмотку возбуждения, располагающуюся на роторе. Обмотка возбуждения АСМ получает питание от источника переменного тока.

Частота электроэнергии вырабатываемой асинхронизированным валогенератором определяется следующим образом [2, 4]:

$$\omega_{BG} = \omega_p \pm \omega_B, \quad (1)$$

где ω_{BG} - угловая частота напряжения ВГ;

ω_p - угловая частота вращения ротора ВГ;

ω_B - угловая частота напряжения в обмотке возбуждения ВГ.

При изменении скорости вращения главного двигателя (комбинаторный режим работы) поддержание постоянства частоты вырабатываемой электроэнергии в асинхронизированном валогенераторе осуществляется путем изменения частоты тока в обмотке возбуждения.

При этом поддержание постоянства напряжения в сети осуществляется за счет изменения величины тока в обмотке возбуждения АСМ.

Если пренебречь потерями в обмотках АСМ, то мощность, снимаемая со статорной обмотки ВГ, определяется следующим образом [4]

$$P_{ВГ} = M\omega_c = M(\omega_p \pm \omega_c) = P_p \pm P_{воз}, \quad (2)$$

где M – момент на валу ВГ;

ω_c – угловая частота магнитного потока;

P_p – мощность на валу ВГ;

$P_{воз}$ – мощность в цепи возбуждения АСМ.

Из уравнения (2) можно получить зависимость мощности обмотки возбуждения от скольжения АСМ.

$$P_{воз} = P_{ВГ} \cdot S. \quad (3)$$

Как видно из уравнения (3) мощность цепи возбуждения асинхронизированных валогенераторов пропорциональна скольжению и увеличивается с уменьшением частоты вращения валогенератора. На судах ВРШ и ВГ при работе по комбинаторной характеристике в большинстве времени диапазон изменения частоты вращения ГД находится в 30% от номинальной частоты вращения. Поэтому считают целесообразным рассчитывать систему возбуждения и ПП всего лишь на 15% от номинальной мощности ВГ. При этом за номинальную частоту вращения ВГ следует выбирать $n_{ВГ} = 0,85n_{ГД}$, где $n_{ГД}$ – номинальная частота вращения главного двигателя.

Для судов с винтом регулируемого шага (ВРШ) и валогенератором (ВГ) с ограниченным приделом регулирования частоты тока (до 15%) асинхронизированный синхронный генератор имеет нижеуказанные преимущества перед синхронным генератором с преобразователем частоты звеном постоянного тока в цепи статора, а именно:

- установка полупроводникового преобразователя частоты в цепи обмотки возбуждения, что снижает мощность, стоимость и габариты преобразователя;
- высокое качество вырабатываемой электроэнергии;
- способность ВГУ вырабатывать как активную, так и реактивную мощность;
- реализация ВГУ автономного режима работы, параллельной работы с ДГ и двигательного режима работы ВГ;
- высокий КПД установки.

В качестве достоинства ВГУ с асинхронизированным синхронным генератором также необходимо отметить, что при сильном волнении моря, при значительном изменении частоты вырабатываемой ВГ электроэнергии, валогенератор можно не отключать, так как его частоту можно поддерживать постоянной с помощью преобразователя частоты включенного в цепь ротора.

Основным недостатком ВГУ с АСМ является применение электрической машины специального исполнения.

Для экспериментального исследования в Азербайджанской Государственной Морской Академии на кафедре электрооборудование судов создан лабораторный электротехнический стенд ВГУ с АСМ. На рис. 1 показана модель лабораторного стенда. На основе множественных экспериментов получены натурные кривые изменения напряжения, изменяющиеся во времени.

Потребителями электрической энергии АСМ являются 3-фазная активно-индуктивная нагрузка, коэффициент мощности которой приблизительно равен 0,8.

Основной целью данного экспериментального исследования является определение степени искажения формы кривой выходного напряжения асинхронизированного синхронного генератора при изменении частоты вращения ротора на 15% от номинального.

На рис. 2 показаны полученные с осциллографа мгновенные значения напряжения на зажимах асинхронизированного генератора (асинхронного двигателя с фазным ротором) полученного на лабораторном стенде.

На рис. 2а показаны мгновенные значения напряжения при синхронном режиме асинхронизированного генератора ($n_p = n_n$) когда обмотка возбуждения питается постоянным током. На рис. 2б показано мгновенное значение напряжения того же генератора при уменьшении скорости вращения ротора на 5% ($n_p = 0.95n_n$), коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения составляет 2,1 %. На рис. 2в показано мгновенное значение напряжения генератора при уменьшении скорости вращения ротора на 10% ($n_p = 0.9n_n$), коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения составляет 4,8 %. На рис. 2г показано мгновенное значение на зажимах генератора при уменьшении скорости вращения ротора на 15 % ($n_p = 0.85n_n$), коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения составляет 5,9 %.

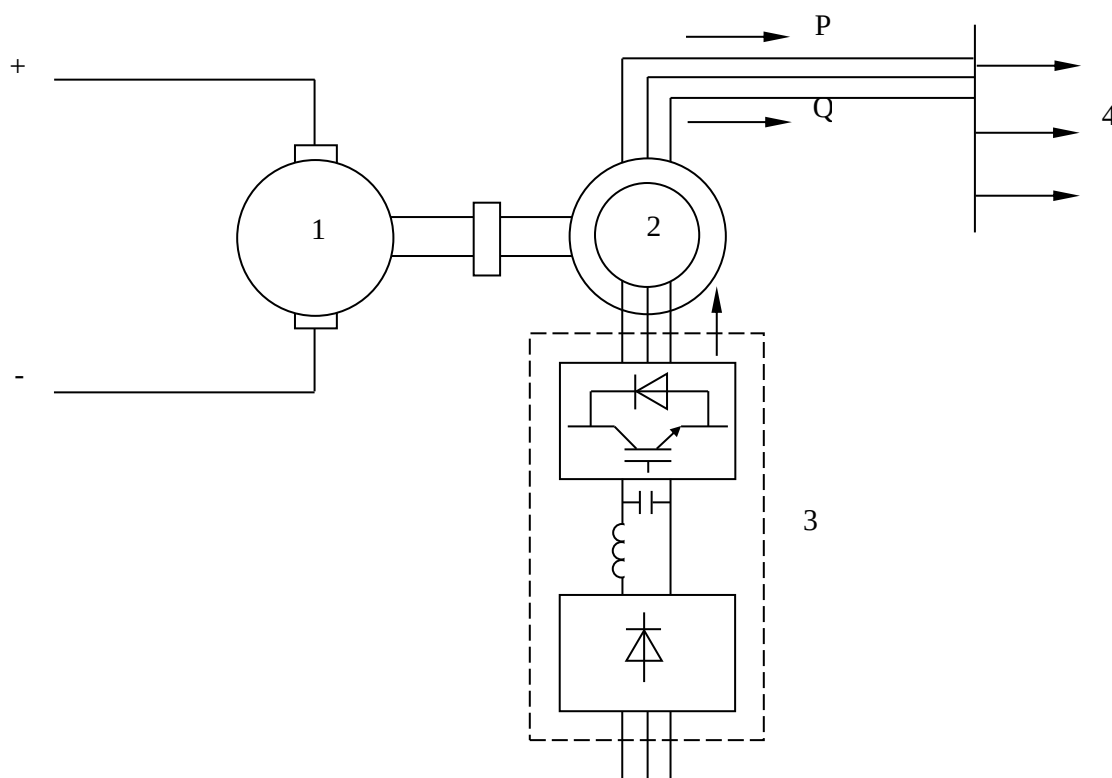
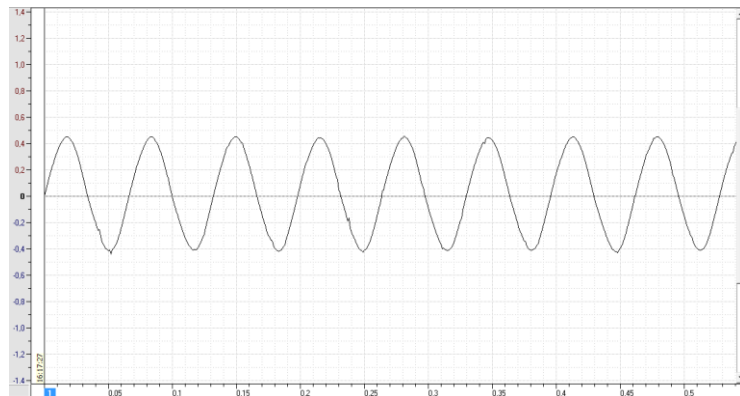


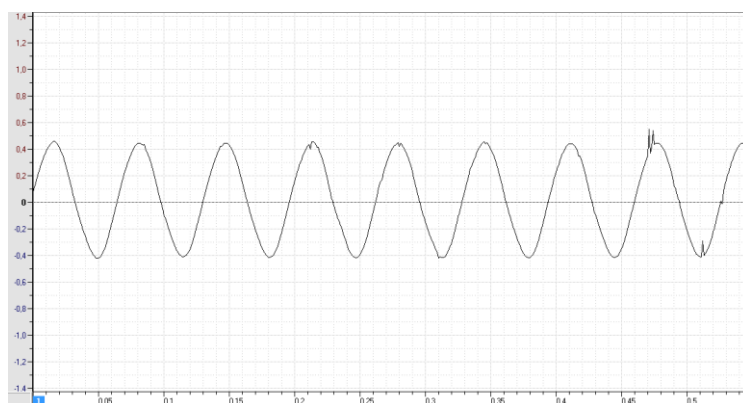
Рисунок 1 – Упрощенная схема лабораторного стенда ВГУ с АСМ [5]

1 – двигатель постоянного тока, 2 – асинхронный двигатель с фазным ротором,
3 – полупроводниковый преобразователь частоты, 4 – потребители электрической энергии

а) U_{VG}

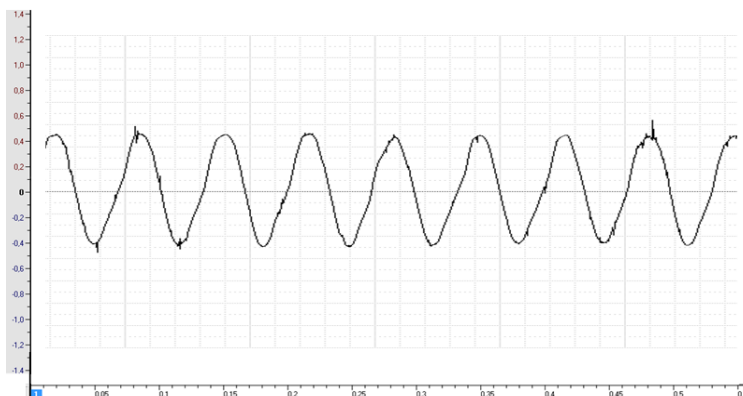


б) U_{VG}



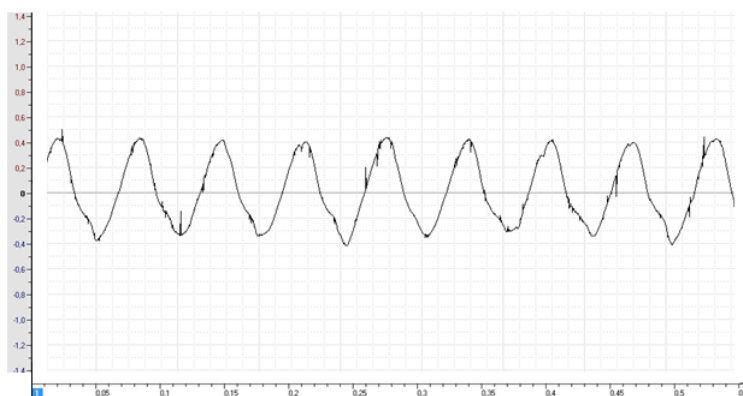
t, c

в) U_{VG}



t, c

г) U_{VG}



t, c

Рисунок 2 – Мгновенное значение напряжения на зажимах АСМ (асинхронного двигателя с фазным ротором) [6]

а) $n_p = n_n$, б) $n_p = 0.95 \cdot n_n$, в) $n_p = 0.9 \cdot n_n$, г) $n_p = 0.85 \cdot n_n$.

Сравнивание мгновенных значений напряжения асинхронизированного синхронного генератора при скоростях ротора $n_p = 0.95 \cdot n_n, n_p = 0.9 \cdot n_n, n_p = 0.85 \cdot n_n$ с мгновенным значением напряжения того же генератора, полученного при работе генератора в синхронном режиме (когда обмотка возбуждения питается постоянным током, рис. 2а) показывает, что при изменении скорости вращения ротора АСМ до 15 % форма кривой выходного напряжения изменяется незначительно.

Выводы. Применяемые на судах с ВРШ синхронные валогенераторы работают с постоянной скоростью вращения, так как в этом случае валогенераторные установки выполняются проще по конструкции. Однако известно, что эффективность энергетической установки может быть увеличена, если при уменьшении нагрузки главного двигателя (ГД) одновременно изменять угол поворота лопастей ВРШ и скорость вращения главного двигателя. Указано, что так, как в этом случае предел регулирования скорости вращения главного двигателя небольшой, то целесообразно в таких установках вместо синхронного генератора применять асинхронизированный синхронный генератор.

В результате экспериментального исследования получены мгновенные значение выходного напряжения на зажимах асинхронизированного синхронного генератора при регулировании и его скорости вращения на 15 % от номинального значения.

ВГУ с асинхронизированным валогенератором с 15 % регулированием частоты тока ротора кроме известных достоинств, выходное напряжение генератора может иметь малоискаженную синусоидальную форму ($K_{и.с.} = 5,9\%$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Радченко П.М. Судовые валогенераторные и валомашинные установки: Учеб. пособие. – Владивосток: ДВГМА, 1999. – 154 с.
2. Лемин П.А., Прусаков А.В., Григорьев А.В. Эксплуатация судовых систем электроснабжения: Учебное пособие. – Санкт-Петербург: ГМА им. адм. С.О.Макарова, 2009. – 180 с.
3. Mehdiyev H.A. Gəmilərin avtomatlaşdırılmış elektroenergetika sistemləri, Ali məktəb tələbələri üçün dərslik. – Bakı: Nurlan, 2006. – 340 səh.
4. Григорьев А.В., Петухов В.А. Современные и перспективные судовые валогенераторные установки: Монография. – Санкт-Петербург: ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2009. – 173 с.
5. Bəşirov R.C., İsmayılov S.S. Avar vintinin addımı tənzim olunan gəmilərin val generatoru qurğularının iş rejimlərinin araşdırılması. ADDA, Elmi əsərləri. – № 1. – Bakı. – 2015. – səh. 78–83.
6. Mehdiyev H.A., İsmayılov S.S. Asinxronlaşdırılmış sinxron generatorlarının əsas xüsusiyyətləri və gəmilərdə tətbiqi. AMEA Fizika institutu, Energetikanın problemləri. – № 1. – Bakı. – 2015. – səh. 78–82.

Мехтієв Г.А., Ісмаїлов С.С.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АСИНХРОНІЗОВАНИХ СИНХРОННИХ ВАЛОГЕНЕРАТОРІВ НА СУДНАХ ІЗ ГРК

В даний час підвищення економічності судових електроенергетичних систем здійснюється з використанням потужності головних двигунів для виробництва електричної енергії. Застосування валогенераторів на судах дозволяє зменшити собівартість електроенергії і знизити експлуатаційні витрати.

У статті розглядається використання валогенераторних установок (ВГУ) на сучасних судах. Застосовані різні види ВРУ та їх економічний ефект. Основна увага приділяється валогенераторним установкам, які використовуються на судах з гвинтом регульованого кроку (ГРК). Подані найважливіші параметри асинхронізованого синхронного генератора, вказані його переваги та недоліки.

Наведена спрощена схема лабораторного стенда ВГУ з асинхронізованим синхронним генератором, де в якості асинхронізованого синхронного генератора використаний асинхронний двигун з фазним ротором, а в якості головного двигуна використаний регульований двигун постійного струму.

Ключові слова: валогенератор, судно, асинхронізований синхронний генератор, головний двигун, перетворювач частоти, гвинт регульованого кроку.

Mehdiyev H., Ismayilov S.

APPLICATION FEATURES OF ASYNCHRONOUS SYNCHRONIZING SHAFT GENERATOR ON THE SHIP WITH CPP

Currently, the increase in the efficiency of ship electric power systems is carried out using the power of the main engines for the production of electrical energy. The use of shaft generators on ships reduces the cost of electricity and reduces operating costs.

It results with variety of shaft generators plant and their impact economically. The focus of shaft generator installations attracted attention by using of ships with propeller of regulating pitch. It is given main parameters of asynchronous synchronizing generator which shows its advantage and shortage especially dealing to simplification of diagram by laboratory stand of shaft generator with asynchronous synchronizing generator, the quality of generator of asynchronous are applied by slip-ring motors. Regulating engine of direct current is applied as a quality point of view of main engine.

Keywords: shaft generators, ship, asynchronous, synchronized, generator, the main engine, the frequency converter, propeller of regulating pitch.

REFERENCES

1. Radchenko P.M. Sudovye valogeneratorye i valomashinnye ustanovki: Ucheb. posobie. – Vladivostok: DVGMA, 1999. – 154 s.
2. Lemin P.A., Prussakov A.V., Grigorev A.V. Ekspluatatsiya sudovyh sistem elektrosnabzheniya: Uchebnoe posobie. – Sankt-Peterburg: GMA im. adm. S.O.Makarova, 2009. – 180 s.
3. Mehdiyev H.A. Gəmilərin avtomatlaşdırılmış elektroenergetika sistemləri, Ali məktəb tələbələri üçün dərslik. – Bakı: Nurlan, 2006. – 340 səh.
4. Grigorev A.V., Petuhov V.A. Sovremennye i perspektivnye sudovye valogeneratorye ustanovki: Monografiya. – Sankt-Peterburg: GMA im. adm. S.O. Makarova, 2009. – 173 c.
5. Bəsirov R.C., Ismayilov S.S. Avar vintinin addımı tənzim olunan gəmilərin val generatoru qurğularının is rejimlərinin aradsılması. ADDA, Elmi əsərləri. – № 1. – Bakı. – 2015. – səh. 78–83.
6. Mehdiyev H.A., Ismayilov S.S. Asinxronlaşdırılmış sinxron generatorlarının əsas xüsusiyyətləri və gəmilərdə tətbiqi. AMEA Fizika institutu, Energetikanın problemləri. – № 1. – Bakı. – 2015. – səh. 78–82.

Ганиев А.Я.

УЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ДИСТАНЦИИ И ВРЕМЕНИ КРАТЧАЙШЕГО СБЛИЖЕНИЯ ПРИ РАСХОЖДЕНИИ СУДОВ

Основными критериями для определения безопасного расхождения судов являются дистанция и время кратчайшего сближения. Поэтому основной задачей является определение и учет погрешностей, влияющих на значения этих параметров.

В данной статье рассмотрены основные параметры безопасности при расхождении судов на ограниченной акватории и в ограниченной видимости, составлена программа для расчета расхождения судов с учетом погрешностей дистанции и времени кратчайшего сближения.

Основным преимуществом программы является то, что она не только рассчитывает параметры опасного сближения и этим самым сокращает время, но и учитывает их погрешности, что имеет важное значение при следовании судов на ограниченной акватории. Судоводителю для определения основных критериев безопасности с учетом погрешностей нужно лишь ввести данные судна, цели и погрешности используемых приборов.

Ключевые слова: дистанция кратчайшего сближения, время кратчайшего сближения, фактор, судоводитель, авария, ограниченная акватория, ограниченная видимость, расхождение.

Анализ современного состояния проблемы. Основная причина столкновений судов в море – это неготовность судоводителей принимать решения при расхождении судов. Вдобавок к этому каждый судоводитель в одних и тех же ситуациях принимает различные решения. Эта задача намного усложняется при плавании судов на ограниченной акватории или в ограниченной видимости. При этом единственным прибором для получения информации о встречных судах является радиолокационная станция (РЛС) [1]. Также необходимо правильно обрабатывать полученную информацию от РЛС.

Для этой цели используется маневренный планшет или САРП (Система автоматической радиопрокладки). САРП автоматически вычисляет и обрабатывает информацию, которую судоводитель вручную выполняет на маневренном планшете. Хорошие навыки по использованию РЛС или САРП являются основным условием для принятия правильного решения при расхождении. Для этого судоводитель в условиях хорошей видимости должен рассчитывать дистанцию и время кратчайшего сближения с учетом влияющих погрешностей и сравнивать их с фактическими.

Постановка проблемы. Все расчеты, которые вычисляются вручную или автоматически с помощью САРП, основаны на определении дистанции и времени кратчайшего сближения ($D_{кр}$ и $T_{кр}$). Допустимые или заданные значения этих параметров назначает судоводитель. Судно считается опасным по линейному фактору, если $D_{кр} < D_{зад}$, и опасным по временному фактору если $T_{кр} < T_{зад}$ [3].

1. Если $D_{кр} < D_{зад}$ и $T_{кр} > T_{зад}$, то это означает, что даже если судно проходит на опасном расстоянии, но все же у судоводителя имеется достаточное время для принятия решения для маневра.

2. Если $D_{кр} > D_{зад}$ и $T_{кр} < T_{зад}$, то это означает, что у судоводителя не имеется достаточного времени для обработки информации о встречном судне, и судоводитель должен немедленно принять решение на основе личного опыта.

Основными критериями для определения безопасного расхождения судов являются $D_{кр}$ и $T_{кр}$ и основной задачей является определение и учет погрешностей, влияющих на значения этих параметров.

Анализ последних исследований. Развитие технических средств и автоматизированных методов судовождения является одной из важнейших проблем обеспечения безопасности мореплавания. Для реализации этих требований необходимо программирование отдельных процессов судовождения с учетом условий плавания: ветра, течения, волнения, мелководья и т.д. На ограниченных акваториях из-за дефицита времени у судоводителя практически не остается возможности для коррекции своих действий. Поэтому анализ показывает, что программирование отдельных процессов судовождения частично решает проблему, связанную с дефицитом времени, при этом обеспечивая безопасность мореплавания.

Вопросы программирования рассматривались в научных трудах В.И. Васильева, С.В. Емельянова, Г.В. Коренева, Н.Н. Красовского, А. А. Первозванского.

Изложение основного материала. Решением данной задачи является определение $D_{кр}$ и $T_{кр}$ с учетом их погрешностей. Опытным путем для определения погрешности $D_{кр}$ можно воспользоваться следующим графиком (рисунок 1).

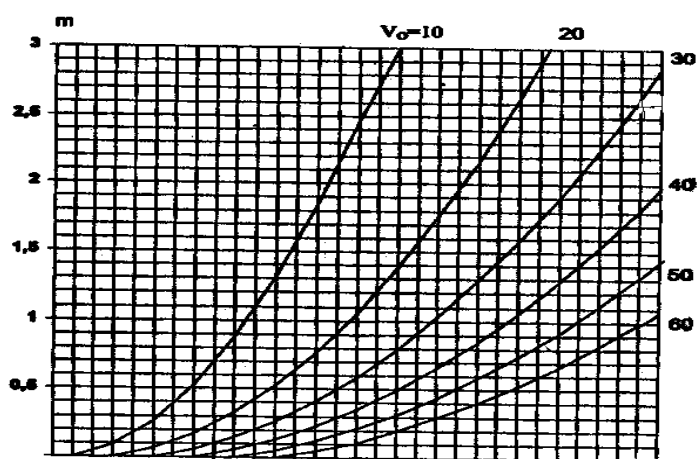


Рисунок 1 – График для оценки погрешности расчета дистанции кратчайшего сближения

Для решения задачи составлением программы данными служат относительные пеленги и расстояния до опасных судов.

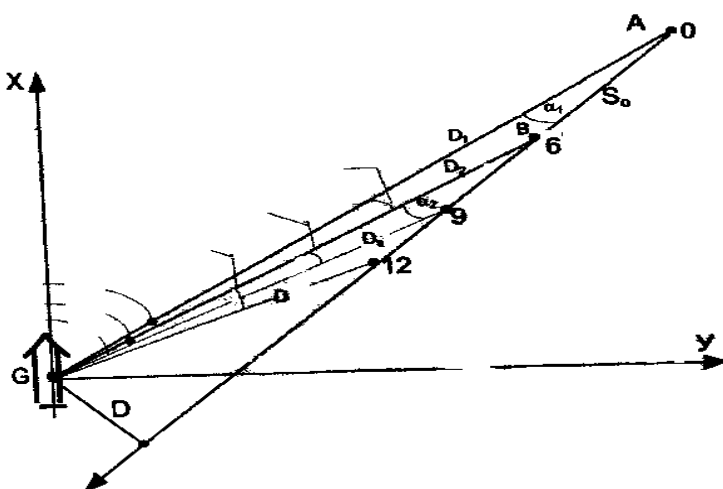


Рисунок 2 – Вычисление полярных координат

Изменение пеленга вычисляется с помощью следующих формул:

$$\Delta P = KB_2 - KB_1;$$

$$AB = C_0 = \sqrt{D_1^2 + D_2^2 - 2D_1 * D_2 * \cos \Delta P};$$

$$\alpha_1 = \arcsin(D_2 * \sin \Delta P) / S_0;$$

$$t_{кр} = (6 * D_1 * \cos \alpha_1) / S_0.$$

Следующая программа используется для вычисления $D_{кр}$ и $T_{кр}$:

```

Д1 = Вал (инпутБох( "Д1 = " ))
Д2 = Вал (инпутБох( "Д2 = " ))
П1 = Вал (инпутБох( "П1 = " ))
П2 = Вал (инпутБох( "П2 = " ))
мД1 = Вал (инпутБох( "мД1 = " ))
мД2 = Вал (инпутБох( "мД2 = " ))
мП1 = Вал (инпутБох( "мП1 = " ))
мП2 = Вал (инпутБох( "мП2 = " ))
Д1 = Д1 + мД1
Д2 = Д2 + мД2
П1 = П1 - мП1
П2 = П2 - мП2
В0 = 10 : ΔТ = 6
а2 = мП2 * Д2 / 57.3
мС0 = 4 * Сгр (мД1 ^ 2 + мД2 ^ 2)
ма1 = 5 * а2 / ( Д1 - Д2)
мДкр = ма1 * Д1
мВ0 = 60 * мС0 / ΔТ
мТкр = 2 * Сгр (( мД1 / В0 ) ^ 2 + мВ0 * Д1 / В0 ^ 2)
Debug.Print "мДГ = " ; мДГ ; " мТГ = " ; мТГ ; " мС0 = " ; мС0 " ма1 = " ; ма1
End Sub
мДГ = 0.860607012163458
мТГ = 0.00316
мС0 = 0.08
ма1 = 0.07

```

На 9-ой минуте определение полярных координат вычисляется по формулам:

$$\sin \alpha_2 = (D_1 * \sin \Delta P) / S_0;$$

$$D = \sqrt{D_2^2 + (S_0/2)^2 - D_2 * S_0 * \cos \alpha_2};$$

$$\sin \Delta P = \frac{(S_0 * \sin \alpha_2) / 2}{D}.$$

Положительной стороной этого способа является то, что сокращается время для оценки опасности столкновения, но эта программа не учитывает погрешности $D_{кр}$ и $T_{кр}$. Для учета погрешностей $D_{кр}$ и $T_{кр}$ пользуются следующей программой:

```

Д1 = Вал (инпутБох( "Д1 = " ))
Д2 = Вал (инпутБох( "Д2 = " ))

```

```

П1 = Вал (инпутБох( "П1 = " ))
П2 = Вал (инпутБох( "П2 = " ))
мД1 = Вал (инпутБох( "мД1 = " ))
мД2 = Вал (инпутБох( "мД2 = " ))
мП1 = Вал (инпутБох( "мП1 = " ))
мП2 = Вал (инпутБох( "мП2 = " ))
Д1 = Д1 + мД1
Д2 = Д2 + мД2
П1 = П1 - мП1
П2 = П2 - мП2
В0 = 10 : ΔТ = 6
а2 = мП2 * Д2 / 57.3
МС0 = 4 * Сгр (мД1 ^ 2 + мД2 ^ 2)
ма1 = 5 * а2 / ( Д1 - Д2)
мДкр = ма1 * Д1
мВ0 = 60 * МС0 / ΔТ
мТкр = 2 * Сгр (( мД1 / В0 ) ^ 2 + мВ0 * Д1 / В0 ^ 2)
С0 = Сгр ( Абс (Д1 ^ 2 + Д2 ^ 2 - 2 * Д1 * Д2 * cos (П2 - П1))) + МС0
а = Д2 * син ( П2 - П1 )
а1 = Атн (а / Сгр (Абс (1 - а ^ 2))) + ма1
Дкр = Д1 * син (а1) + мДг
Ткр = 6 * Д1 * cos (а1) / С0 + мТг
Debug.Print "Дг = "; Дг; "тг = "; тг ; "мДг = "; мДг
End Sub
Дг = -2.64275288779204
тг = 7.60125061825702
мДг = 0.860607012163458

```

Выводы. Как было указано выше, для оценки риска опасности столкновения основными параметрами являются дистанция и время кратчайшего сближения. Временной фактор имеет важное значение, так как если у судоводителя не имеется достаточного времени для получения полной информации и для принятия решения, тогда он принимает решение на основе неполной информации и на основе личного опыта. С помощью этой простой программы можно решить проблему, связанную с временным фактором и сократить время для расчета дистанции и времени кратчайшего сближения.

Основным преимуществом является то, что программа не только рассчитывает параметры опасного сближения и этим самым сокращает время, но и учитывает их погрешности, что имеет важное значение при следовании судов на ограниченной акватории. Судоводителю для определения основных критериев безопасности с учетом погрешностей нужно лишь ввести данные судна, цели и погрешности используемых приборов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцев А. С. Расхождение судов / Мальцев А. С., Касимов Т. // – Одесса, 2000. – 154 с.
2. Баскин А. С. Рекомендации по использованию судовой РЛС для предупреждения столкновений судов / А. С. Баскин., В. Н. Шабалин // – Одесса, 1983. – 48 с.
3. Баскин А. С. Рекомендации по использованию радиолокационной информации для предупреждения столкновений судов / А. С. Баскин, В.Н. Шабалин // – М., 1991. – 72 с.
4. Яскевич А. П. Комментарии к МППСС-72 / Яскевич А.П., Зурабов Ю.Г. // Справочник. – М.: Транспорт, 1990. – 479 с.

5. Кубачев Н. А. Сборник задач по управлению судами / Кубачев Н.А., Кургазов С.С. // М.: Транспорт, 1984. – 139 с.

6. Баранов Ю. К. Сборник задач по использованию радиолокатора для предупреждения столкновений судов/ Ю. К. Баранов, М. М. Лесков, Н. А. Кубачев, С. С. Кугузов // М.: Транспорт, 1995. – 81 с.

Ганієв А.Я.

ВРАХУВАННЯ ПОГРІШНОСТЕЙ ДИСТАНЦІЇ ТА ЧАСУ НАЙКОРОТШОГО ЗБЛИЖЕННЯ ПРИ РОЗХОДЖЕННІ СУДЕН

Основними критеріями для визначення безпечного розрахунку судів є дистанція і час кратчайшого зближення. Тому основний задач - це визначення і учет погрешностей, що впливають на значення цих параметрів.

У даному стані розглядаються основні параметри безпеки при розгоні судів на обмеженій акваторії і в обмеженій видимості, складена програма для розрахунків судових процесів.

Основною перевагою програми є те, що вона не тільки розраховує параметри небезпечного сприйняття і в даний час скорочує час, але і їх похибка, що має важливе значення при відстеженні судів на обмеженій акваторії. Судоводителю для визначення основних критеріїв безпеки з урахуванням погрешностей.

Ключові слова: дистанція найкоротшого зближення, час найкоротшого зближення, фактор, судноводії, аварія, обмежена акваторія, обмежена видимість, розбіжність.

Ganiyev A.

ACCOUNTING OF CLOSEST POINT OF APPROACH (CPA) AND TIME OF CLOSEST POINT OF APPROACH (TCPA) ERRORS DURING PASSING OF VESSELS

The main criteria for determining the safe divergence of ships are the distance and time of the shortest convergence. Therefore, the main task is to determine and account for errors that affect the values of these parameters.

This article discusses the main safety parameters in case of divergence of vessels in a limited water area and in restricted visibility; a program has been drawn up for calculating the divergence of vessels taking into account the errors of the distance and the shortest approach time.

The main advantage of the program is that it not only calculates the parameters of a dangerous approach and thereby shortens the time, but also takes into account their errors, which is important when following vessels in a limited area. The master, in order to determine the basic safety criteria taking into account the errors, need only enter the vessel data, the targets and the errors of the instruments used.

Keywords: closest point of approach, time of closest point of approach, factor, navigator, accident, restricted area, restricted visibility, passing.

Вильдяева Л.Н.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРА ПО ПЕРЕХОДНОЙ ФУНКЦИИ В ТОЧКЕ ПЕРЕГИБА НА ПРИМЕРЕ ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ТОПЛИВА

На сегодняшний день задача компьютеризации подогрева топлива для обеспечения необходимой текучести не решена.

Поэтому темой статьи является автоматизация определения параметров настройки парового подогревателя топлива по переходной функции для обеспечения температуры, которая в свою очередь, должна обеспечить вязкость, достаточную для перекачки и способную обеспечить необходимую текучесть для стабильной подачи топлива к оборудованию.

В статье рассматривается задача автоматизированного расчета параметров настройки регулятора парового подогревателя для поддержания требуемой температуры топлива в танках запаса и в трубопроводах на пути следования к двигателям.

Ключевые слова: автоматизация судовых энергетических установок, автоматизированные системы регулирования, техническая эксплуатация судов, паровой подогреватель топлива, дискретный контур.

Анализ современного состояния проблемы. Мощность, экономичность, температурные напряжения, надежность дизельных и газотурбинных установок зависят наряду с другими факторами от температурного режима в системах.

Компьютеризация и определение оптимальных параметров автоматизированных систем для обеспечения температурного режима при эксплуатации судов является актуальной проблемой. На сегодняшний день задача компьютеризации подогрева топлива для обеспечения необходимой текучести не решена. Агрегаты, которые по вязкости определяют необходимую температуру топлива (трехходовой клапан, вискозиметры), представляют трудности в эксплуатации.

Постановка проблемы. Компьютеризировать судовые энергетические установки, которые обеспечивают температурные режимы, необходимые для эксплуатации топливной системы судов.

Анализ последних исследований и публикаций. В судовых системах, устройствах и объектах температура является регулирующим параметром. Такими объектами являются главные и вспомогательные двигатели, системы питательной воды в котлоагрегатах, грузовые танки, расходные и отстойные системы топлива, системы сепарации топлива и масла, рефрижераторные установки, системы горячей воды и т.д. Наиболее сложным и ответственным объектом регулирования температуры является главный судовой двигатель. Требуемые температуры обеспечивают терморегуляторы различных модификаций отечественного и зарубежного производства. Все эти терморегуляторы реализуют аналоговый сигнал.

Цель статьи. Компьютеризировать определение параметров настройки парового подогревателя топлива по переходной функции для обеспечения температуры, которая в свою очередь, должна обеспечить вязкость, достаточную для перекачки и способную обеспечить необходимую текучесть для стабильной подачи топлива к оборудованию.

Изложение основного материала. Топливо при низких температурах склонно к повышению вязкости и парафинизации, что затрудняет или делает даже невозможным его прокачивание по трубкам топливной магистрали. Чтобы сохранить необходимую текучесть и тем самым обеспечить стабильную подачу его к оборудованию, необходимо, в первую очередь, обеспечить проходимость топливной магистрали и ее элементов.

Одним из возможных решений этой задачи является подогрев топлива. Терморегулятор парового подогревателя топлива представляет собой объект регулирования, динамические свойства которого определяются переходной функцией (кривой разгона) с самовывравниванием.

Определение динамических характеристик (коэффициент усиления для настройки П, ПИ и ПИД регуляторов, время дифференцирования для ПИД регулятора, время интегрирования для ПИ регулятора, постоянная времени, время запаздывания, параметры передаточной функции, коэффициент неравномерности, скорость изменения температуры) производится методом касательной в точке перегиба переходной функции, которая задается таблично. Ордината переходной функции есть относительные температуры топлива, последовательно зафиксированная через промежутки времени от момента нанесения возмущающего воздействия.

Точка перегиба характеризуется изменением знака 2^{ой} производной, но на практике этот способ не является надежным, поскольку кривые носят непредсказуемый характер. Чтобы определить точку перегиба кривой, заданной таблично, целесообразно пошагово аппроксимировать ее методом наименьших квадратов, например, параболami 2^{го} порядка $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$ в цикле, начиная с первых трех точек и через все точки кривой, заканчивая тремя последними точками. В точках стыка аппроксимированные кривые слева и справа будут иметь соответствующие уравнения $y = a1 \cdot x^2 + b1 \cdot x + c1$; $y = a2 \cdot x^2 + b2 \cdot x + c2$.

Необходимо определить уравнения касательных в точках стыка $y = k1 \cdot x + D1$ и $y = k2 \cdot x + D2$ при условии, что кривая монотонно возрастает или убывает и не имеет точек разрыва. Угловые коэффициенты (тангенсы т.е. первые производные) соответственно будут равны: $k1 = 2 \cdot a1 \cdot x + b1$ и $k2 = 2 \cdot a2 \cdot x + b2$. Тангенс угла между двумя касательными будет равен: $K = \frac{K2 - K1}{1 + K1 \cdot K2}$. Точка стыка внутри цикла, где угол между касательными будет

минимальный и есть точка перегиба, поскольку точка перегиба определяется общей касательной к двум кривым. Биссектриса между двумя касательными в точке перегиба является наиболее точным ее определением. Уравнение биссектрисы будет иметь вид: $y = Kb \cdot x + Db$, где $Kb = \tan(\arctan(K) / 2)$, а $Db = y_{stuk} - Kb \cdot x_{stuk}$.

Значения x_{stuk} и y_{stuk} являются координатами точки стыка двух кривых, где угол между двумя касательными минимальный. По параметрам прямой, наиболее приближенной к касательной в точке перегиба определяются оптимальные параметры для настройки регуляторов. Данный алгоритм реализован программно и представлен блок-схемой на рис. 1.

Контрольный пример. Переходной процесс характеризует динамические свойства системы регулирования. Исходными данными для переходной функции парового подогревателя топлива является кривая разгона, заданная таблично, где по оси абсцисс задан промежуток времени tсек в секундах, по оси ординат y– температура топлива в градусах и представлена в относительных величинах $y = \frac{(T_i - T_N)}{T_k}$, где T_i -текущая температура в

градусах, T_N -температура в начале эксперимента, T_k -температура топлива в конце эксперимента т.е. $0 \leq y \leq 1$. Результаты эксперимента по определению переходной функции парового подогревателя топлива представлены в таблице.

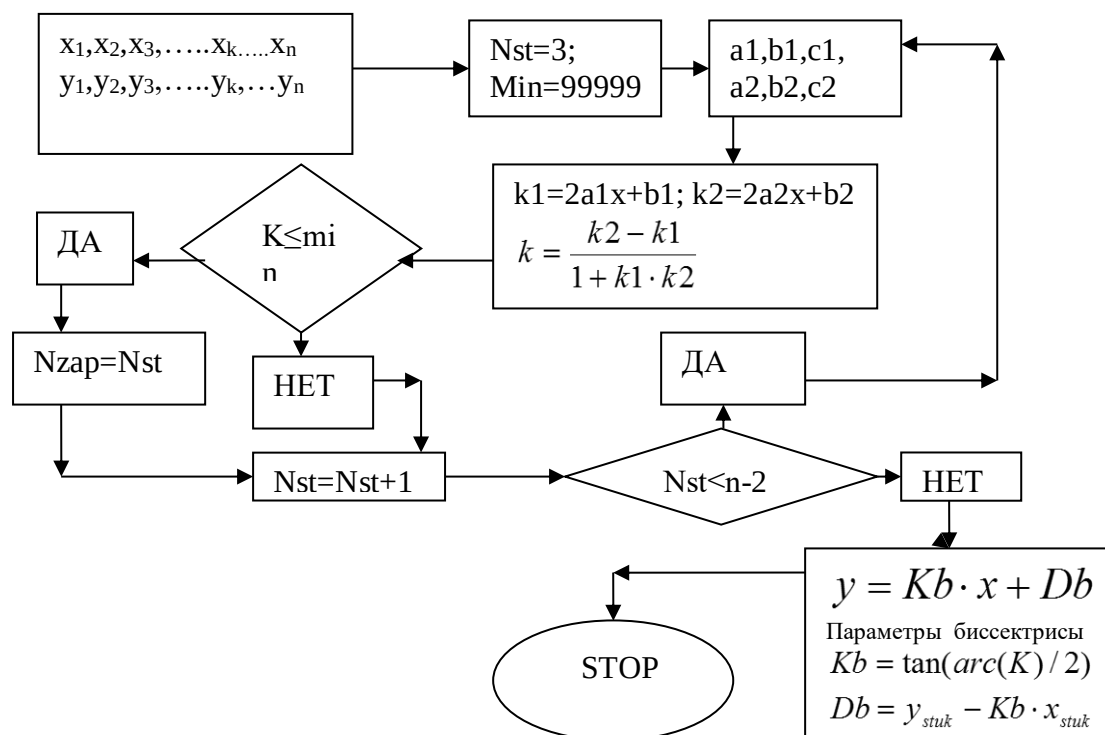


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма программы для расчета прямой, максимально приближенной к касательной в точке перегиба кривой, заданной дискретно.

Несоответствие масштабов по осям координат создает существенные трудности для графического решения и только, решая задачу с помощью компьютерных технологий, можно получить наиболее точный результат. Для данной задачи тангенс угла наклона прямой, максимально близко приближенной к касательной в точке перегиба составляет $Tg=0,00376$ и определяет динамические характеристики объекта парового подогревателя топлива, а именно: время запаздывания, время переходного запаздывания, максимальной скорости изменения температуры, постоянной времени. Результат компьютерной программы отображен на рис. 2.

Таблица 1

Координаты переходной функции парового подогревателя топлива

t сек	0	5	10	15	20	25	30	$x_n \dots$	95
θ	0	0.01	0.028	0.047	0.062	0.076	0.091	y_n	0.2

Свойства объектов регулирования определяются из их математических моделей, которые получаются аналитическим или экспериментальным методами. Аналитический способ построения математической модели объекта осуществляется на основе физико-механических закономерностей, определяющих характер процессов в объекте, сопряжен с большими трудностями, а уравнения получаются достаточно сложными. Поэтому в большинстве случаев снимают экспериментальные данные для переходной функции (кривой разгона) и по ним определяют динамические характеристики объекта регулирования. Динамические характеристики объекта по кривой разгона определяются методом касательной в точке перегиба. Точка перегиба соответствует переходу кривой от режима ускорения к режиму замедления темпа нарастания выходного сигнала и характеризует самовывравнивание – свойство объекта самостоятельно восстанавливать нарушенное состояние равновесия.

Самовыравнивание способствует более быстрой стабилизации регулируемой величины и, следовательно, облегчает работу регулятора.

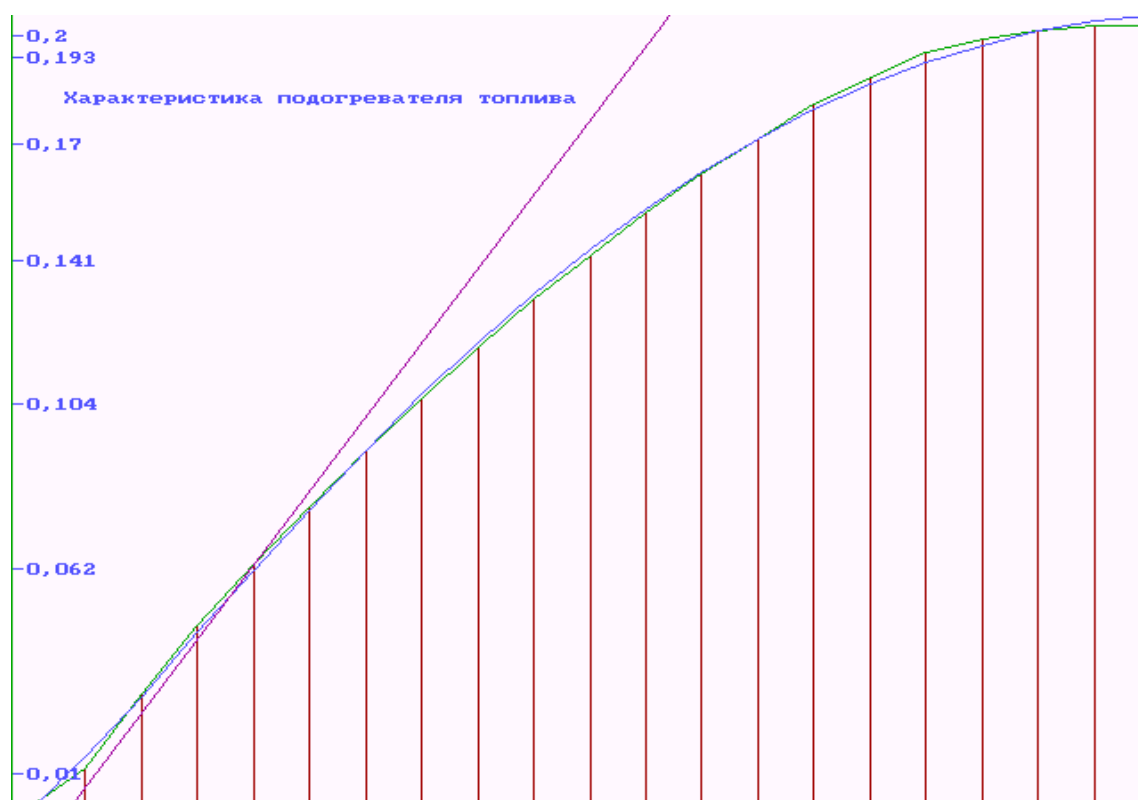


Рисунок 2 – График переходной функции (кривой разгона) с самовыравниванием $Y = f(t)$ парового подогревателя топлива с определением прямой, максимально приближенной к касательной в точке перегиба

Предложенный алгоритм расчета точки перегиба является универсальным для всех объектов регулирования с самовыравниванием, а это значит, что предметом регулирования может быть не только температура, но и другие параметры: расход вещества, давление, уровень, химический состав среды и т.д. Переходные функции без точки перегиба целесообразно аппроксимировать методом наименьших квадратов кривой, наиболее приближенной, к заданным точкам и определять касательную в заданной точке, находя первую производную, а по касательной к переходной функции определяется постоянная времени, которая является важнейшим параметром автоматизированных систем.

Выводы. Автоматизация систем регулирования является задачей актуальной. Внедряя компьютерные технологии для регулирования температурой нагрева топлива, имеем возможность отслеживать работу судовых энергетических установок в режиме реального времени, что в свою очередь предполагает повышение безопасности их эксплуатации.

Решая задачу автоматизации регулирования температуры парового подогревателя топлива, можно снизить нагрузку на агрегаты, которые должны обеспечивать достаточную вязкость, подогревая топливо, а в последствии может быть и вовсе от них отказаться.

Для управления технологическим процессом можно будет использовать управление в режиме сбора данных, где данными будут являться переходные функции объектов регулирования, заданные таблично.

Комплексная автоматизация техпроцессов практически решена в Украине. Изготовление логически программируемых контроллеров (ЛПК) производится отечественными производителями более 20 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толшин В. И., Сизых В. А. Автоматизация судовых энергетических установок. Учебник. – 3-е изд. Переработанное и дополненное – М: Транслит, 2006. – 353 с.
2. Печененко В. И., Козьминых Г. В. Автоматика регулирования и управления судовых силовых установок. – М.: Транспорт, 1973.
3. Нелепин Р. А. Автоматизация судовых энергетических установок. – Л.: Судостроение 1975. – 532 с.
4. Шиняев Е. Н. Судовые паровые котлы и их эксплуатация – М.: Транспорт, 1979.
5. Акимов П. П. Судовые автоматизированные энергетические установки – М: Транспорт 1980.
6. Сыромятников В. Ф., Лубочкин Б. И. Автоматическое регулирование судовых паровых котлов – Л.: Судостроение, 1983.
7. Архангельский В. С. Судовая автоматика – Л.: Судостроение, 1989.
8. Сизов В. А. Судовая автоматика и контрольно измерительные приборы – М: Транспорт 1979.
9. Журенко М. А., Таранчук Н. В. Технические средства автоматизации судовых энергетических установок – Л.: Судостроение, 1990.
10. Балашов Е. П., Григорьев В. Л., Петров Г. А. Микро-и мини ЭВМ – Л: Энергоатомстрой, Ленинградское отделение, 1984. – 376 с.

Вільдяєва Л.М.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ РОЗРАХУНОК ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРА ПО ПЕРЕХІДНІЙ ФУНКЦІЇ У ТОЧЦІ ПЕРЕГИБА НА ПРИКЛАДІ ПІДГРІВАЧА ПАЛИВА

На сьогоднішній день завдання комп'ютеризації підігріву палива для забезпечення необхідної плинності не вирішена.

Тому темою статті є автоматизація визначення параметрів настройки парового підігрівача палива по перехідній функції для забезпечення температури, яка в свою чергу, повинна забезпечити в'язкість, достатню для перекачування і здатну забезпечити необхідну плинність для стабільної подачі палива до обладнання.

У статті розглядається задача автоматизованого розрахунку параметрів настройки регулятора парового підігрівача для підтримки необхідної температури палива в танках запасу і в трубопроводах на шляху проходження до двигунів.

Ключові слова: автоматизація судових енергетичних установок, автоматизовані системи регулювання, технічна експлуатація суден, паровий підігрівач палива, дискретний контур.

Vildiaieva L.

AUTOMATED CALCULATION OF THE OPTIMAL SETTINGS OF A REGULATOR BY THE TRANSITION FUNCTION AT THE INFLECTION POINT ON THE EXAMPLE OF THE FUEL HEATER

The problem of computerization of fuel heating to ensure the necessary fluidity has not been solved. Therefore, the topic of the article is to automate the determination of the parameters of a steam fuel preheater using a transition function to ensure the temperature, which in turn should provide viscosity sufficient for pumping and capable of providing the necessary fluidity for a stable supply of fuel to the equipment.

The article deals with the task of automated calculation of the parameters of the steam heater regulator to maintain the required fuel temperature in the reserve tanks and in the pipelines on the way to the engines.

Keywords: automation of ship power plants, automated control systems, technical operation of ships, steam fuel heater, discrete circuit.

Фархадов В.Г., Байрамова И.П.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНЫМИ РОБОТАМИ

В статье рассмотрен вопрос повышения качества функционирования подводных роботов за счёт обеспечения оптимальности по быстродействию в подсистемах позиционного управления соответствующими приводами; для решения этой задачи в качестве задачи параметрической оптимизации использован инструментальный пакет Nonlinear Control Design Blockset (NCD – Blockset) в составе Matlab; показана функциональная структура идентификатора; построены динамические характеристики идентификатора и переходные характеристики системы при определенных параметрах.

Таким образом, математическая модель, составленная в аспекте параметрической оптимизации с использованием принципа идентификации в рамках инструментального пакета Nonlinear Control Design Blockset в составе Matlab, позволяет повысить качество функционирования подводных роботов за счёт обеспечения оптимальности по быстродействию в подсистемах позиционного управления соответствующими приводами.

Ключевые слова. *Электродвигатель, подводный робот, идентификатор, моделирование, движение.*

Введение. Кардинальным вопросом при разработке и эксплуатации подводного робота является вопрос о движении: каким должно быть движение, как оно должно адаптироваться при изменении обстановки и какими должны быть основные системы робота, способные обеспечить такое движение.

Важное значение для выполнения этих задач, имеют широкое внедрение промышленных роботов (ПР). ПР находят все более широкое внедрение в судостроение при выполнении работ, которые нецелесообразно автоматизировать традиционными средствами.

Производительность роботов, а значит и их быстродействие, повышается благодаря применению более качественных системы управления приводов.

Для подводных роботов манипулирования изделиями в качестве приводов все большее распространение получают электродвигатели. В тоже время высокие требования к точности позиционирования и быстродействию роботов заставляют искать оригинальное решение в разработке оптимальной системы управления двигателями ПР.

Основная часть. Принцип максимума [1] сводит исходную задачу оптимального управления к решению двухточечной краевой задачи. Вычислительные трудности решения подобных задач хорошо известны.

Аналогичная проблема возникает и при переводе некоторого объекта $\dot{x}(t) = f(x, u, t)$ из $x(0) = x_0(0)$ в $x(T) = 0$ за минимальное время. Для линейного объекта

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu, |u| \leq 1,$$

оптимальное по быстродействию управление

$$u = -\text{sign}(B^T p(t)).$$

Вектор сопряженных переменных $p(t)$ удовлетворяет уравнению

$$\dot{p}(t) = -A^T p(t), p(0) = p_0 = ? \quad (1)$$

Задача состоит в определении значения $p_0 = p_0^*$, обеспечивающего перевод системы из заданного начального состояния $x(0) = x_0$ в начало координат $x(T) = x_T = 0$ за минимальное время $T = T_{\min}$.

Если p_0^* найден, то определение $p(t)$ не представляет особого труда - следует решить задачу Коши для системы (1).

Многие вычислительные алгоритмы решения этой задачи основаны на итеративном решении дифференциального уравнения Neishtadta [2,3].

В представленной работе эта задача рассмотрена как задача параметрической оптимизации и для ее решения использован инструментальный пакет Nonlinear Control Design Blockset (NCD – Blockset) в составе Matlab [4].

В качестве оптимизируемой функции выбрана функция:

$$\theta(p_0) = \begin{cases} t, & \text{если } h(p_0, t) > 0, \\ t_* = \text{const}, & \text{если } h(p_0, t) \leq 0 \end{cases}.$$

Сигнал, соответствующий астрономическому времени t , снимается с выхода интегратора с единичным входом и управляется функцией $h(p_0, t)$.

Используя результаты Neishtadta монотонную функцию $h(p_0, t)$ формируем следующим образом:

$$\begin{aligned} x_0^T p_0^{(0)} &\geq 0, \\ \dot{p}(t) &= -A^T p(t), p(0) = p_0^{(0)}, \\ u &= -\text{sign}[B^T p(t)] \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \dot{z}(t) &= (e^{-A^T t})^T B u, z_0 = 0; \\ h(p_0, t) &= p_0^T [z(t)] + x_0. \end{aligned} \quad (4)$$

Равенство $h(p_0^{(k)}, t) = 0$ в каждой итерации $k=0,1,2,\dots$ определяет функцию $\theta(p_0^{(k)}) = t_*^{(k)}$, значение которой находится в интервале $[0, T_{\min}]$. Оптимальное решение: $T_{\min} = \max \{t_*^{(k)}\}$.

В принципе, определение $\max \theta(p_0)$ может производиться любым вычислительным методом оптимизации.

Функция (2) реализована на основе If Blocs [4]. Блоки (3) и (4) реализованы в пакете Simulink. Переходная матрица $\exp(-A^T t)$ вычисляется на основе решения матричного дифференциального уравнения

$$\dot{\eta} = -A^T \eta, \quad \eta_0 = I, \quad (5)$$

где $\eta = (\eta_{ij})$ - пхп матрица, I – единичная матрица.

Блок (5) также реализуется на пакете Simulink.

Правильность решения контролируется нормой $F(t) = \|x(t)\|$. При $t_* = t_{\max}$ норма $F(t_{\max}) = 0 \Rightarrow x(t_{\max}) = x(T_{\min}) = 0$. Кроме того, $z(T_{\min}) = -x_0$ также может явиться контрольным

соотношением. Успех решения зависит от выбора конфигурации допустимой области Ω . При этом следует соблюдать следующие правила. Форма Ω выбирается таким образом, чтобы горизонтальная ветвь $t_*^{(k)} = \text{const}$ функции (2) от итерации к итерации с увеличением $t_*^{(k)}$ приближалась ко второй части коридора (рис. 3). Если процесс вычислений завершается после вхождения ветви $t_*^{(k)} = \text{const}$ в этот коридор, то это не означает, что optimum найден, т.е. $\text{grad}[t_*(p_0^{(k)})] = 0$ - это «естественное» прерывание. В такой ситуации следует коридор продвигать вверх таким образом, чтобы в момент завершения вычислений прямая $t_*^{(k)} = \text{const}$ оставалась в малой внешней окрестности этого коридора (рис. 3).

На рис.1 показана функциональная структура идентификатора.

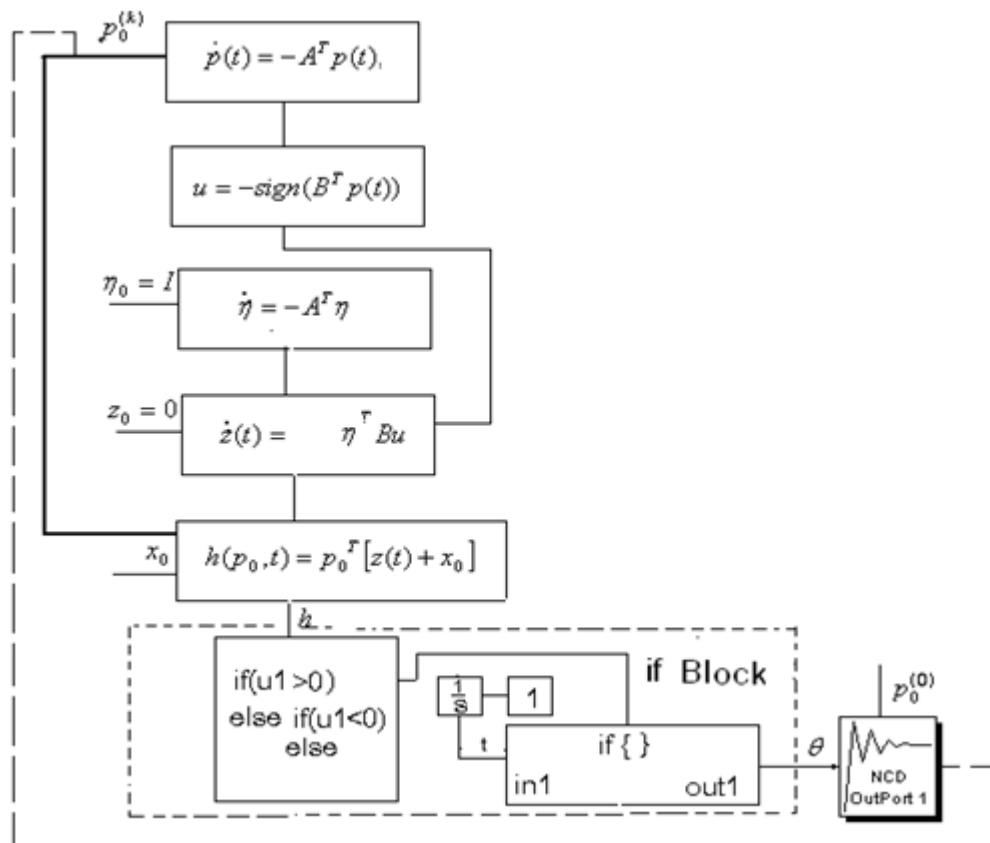


Рисунок 1 – Функциональная структура идентификатора

В качестве примера рассмотрим идентификацию p_0 , в оптимальной по быстродействию задаче управления двойным интегратором: $\dot{x}_1 = x_2$, $\dot{x}_2 = u$, $y = x_1$.

Здесь $n=2$,

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, -A^T = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -1 & 0 \end{pmatrix},$$

$$u = -\text{sign}[p_2(t)] .$$

На рис.2 показаны динамические характеристики идентификатора для $x_0 = (1,1)^T$, $p_0^{(0)} = (1,1)^T$, соответствующие последней итерации.

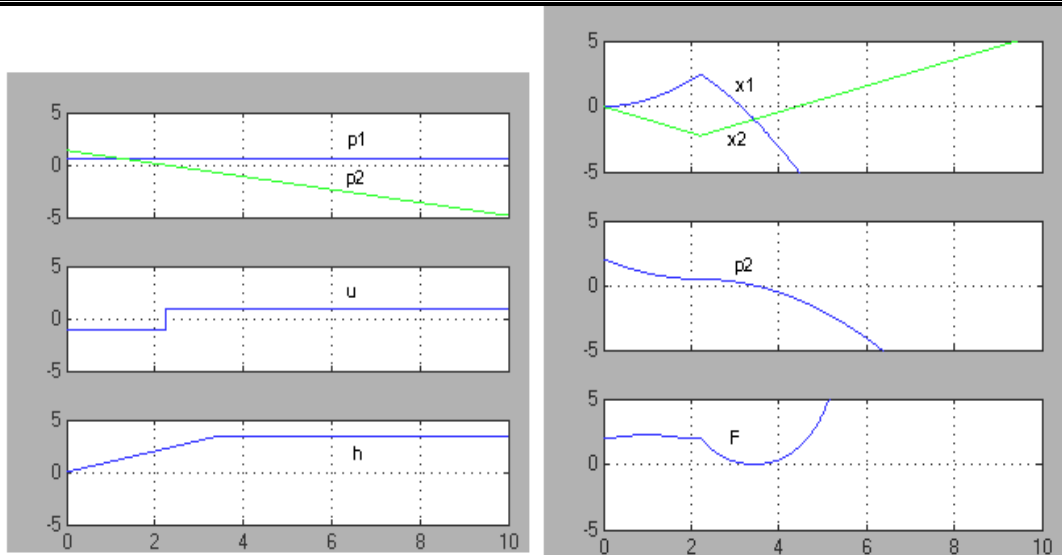


Рисунок 2 – Динамические характеристики идентификатора

Для ряда начальных значений x_0 , получены следующие значения p_0 :

$$X_0 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \Rightarrow P_0 = \begin{pmatrix} 1.3704, & 0.6159 \\ -1.3704, & -0.6159 \\ 1.0000, & 1.0000 \\ 1.2657, & 0.74146 \end{pmatrix}$$

На рис.3 показана конфигурация допустимой области Ω , реализованной в NCD – Blockset для $x_0 = (1,1)^T$, $p_0^{(0)} = (1,1)^T$.

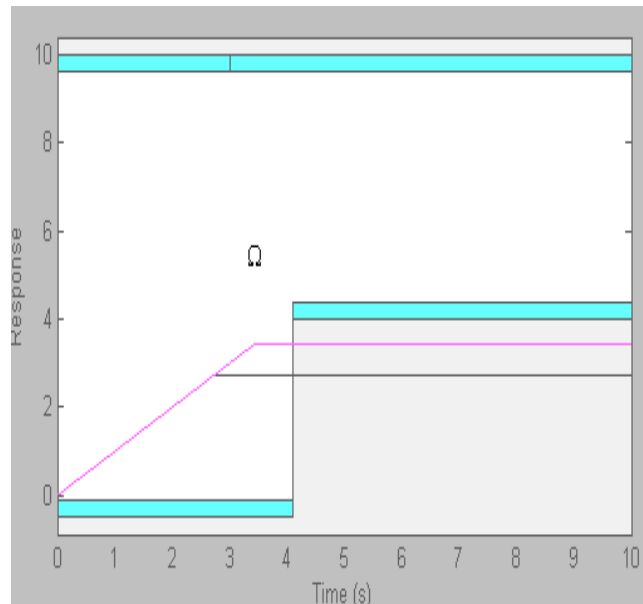


Рисунок 3 – Конфигурация допустимой области Ω

В задаче стабилизации $y(T_{\min}) = g$ значение $p_0 = (p_{10}, p_{20})^T$ определяется для $x_0 = (g, 0)^T$.

Кроме того, для установления системы в начале координат необходимо обеспечивать управление стабилизирующим значением $u = 0$. Это достигается в области $F(t) \leq \delta$, где $\delta = 0.01$ малая величина.

На рис.4 представлена схема симуляции системы управления двойным интегратором.

На рис.5 показаны переходные характеристики системы при $g = 1(t)$, $x_0 = (1.0)^T$, $p_0 = (1.1)^T$.

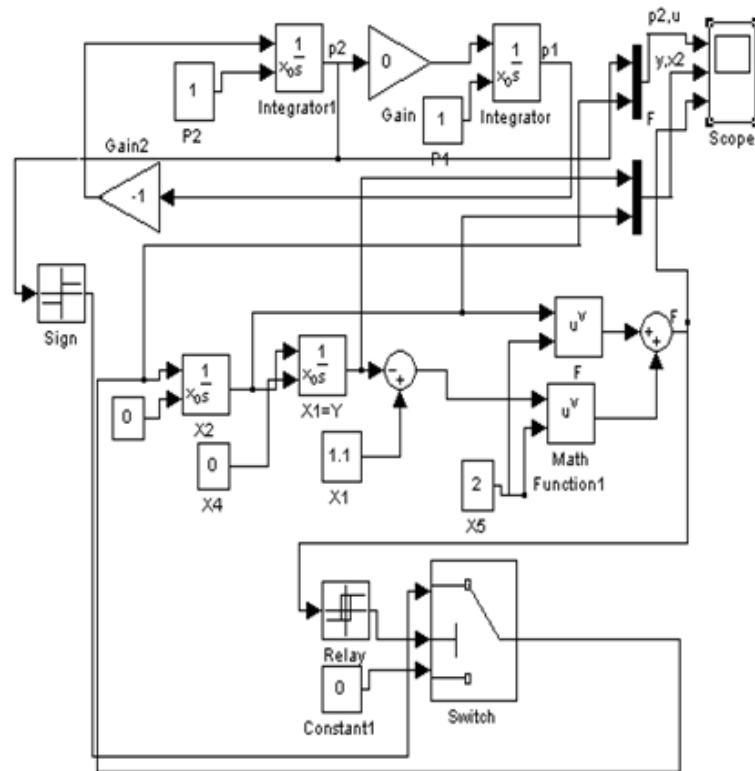


Рисунок 4 – Схема симуляции системы управления двойным интегратором

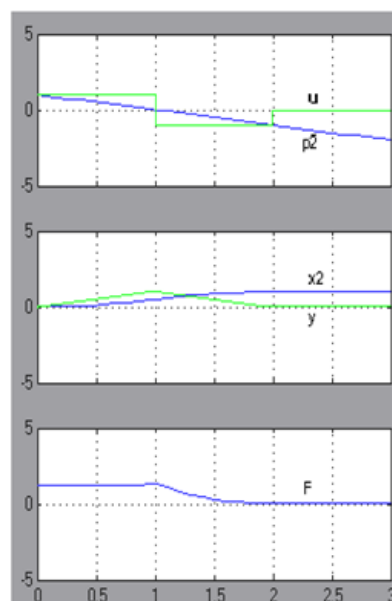


Рисунок 5 – Переходные характеристики системы при $g = 1(t)$, $x_0 = (1.0)^T$, $p_0 = (1.1)^T$

Вывод. Таким образом, математическая модель, составленная в аспекте параметрической оптимизации с использованием принципа идентификации в рамках

інструментального пакета Nonlinear Control Design Blockset (NCD – Blockset) в складі Matlab, дозволяє підвищити якість функціонування підводних роботів за рахунок забезпечення оптимальності по швидкодії в підсистемах позиційного управління відповідними приводами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. Москва: Наука, 1969.
2. Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления. Москва, Наука, 1969, с.139-156.
3. Гноенский Л.С., Каменский Г.А., Эльсгольц Л.Э. Математические основы теории управляемых систем. Москва: Наука, 1969, с.418-429.
4. Hoffman J. Matlab and Simulink. -Bonn: Addison-Wesley-Longman, 1998.

Farkhadov V.G., Bayramova I.P.

THE SIMULATION OF OPTIMAL FOR QUICK-SPEED SYSTEMS OF CONTROL OF UNDERWATER ROBOTS

The article is analyzed the question of improving the performance of underwater robots by providing the optimality for the speed in the subsystems of the position control of the respective drives; To solve this problem, the tool package Nonlinear Control Design Blockset (NCD -Block set) as a part of Matlab is used as a parametric optimization problem; the functional structure of the identifier is shown; The dynamic characteristics of the identifier and the transient characteristics of the system are constructed for $g = 1(t)$, $x_0 = (1.0)^T$, $p_0 = (1.1)^T$.

Thus, the mathematical model, compiled in the aspect of parametric optimization using the identification principle within the Nonlinear Control Design Blockset toolkit in Matlab, allows to improve the quality of the operation of underwater robots by ensuring optimality of the speed in the subsystems of position control by the corresponding drives.

Key words. Electric engine, underwater robot, identifier, simulation, movement.

Фархад В.Г., Байрамова І.П.

МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЗА ШВИДКОДІЄЮ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПІДВОДНИХ РОБОТІВ

У статті розглянуто питання підвищення якості функціонування підводних роботів за рахунок забезпечення оптимальності за швидкодією в підсистемах позиційного управління відповідними приводами; для вирішення цього завдання як завдання параметричної оптимізації використаний інструментальний пакет Nonlinear Control Design Blockset (NCD - Blockset) в складі Matlab; показана функціональна структура ідентифікатора; побудовані динамічні характеристики ідентифікатора і перехідні характеристики системи при певних параметрах.

Таким чином, математична модель, складена в аспекті параметричної оптимізації з використанням принципу ідентифікації в рамках інструментального пакету Nonlinear Control Design Blockset в складі Matlab, дозволяє підвищити якість функціонування підводних роботів за рахунок забезпечення оптимальності за швидкодією в підсистемах позиційного управління відповідними приводами.

Ключові слова: електродвигун, підводний робот, ідентифікатор, моделювання, рух.

Эфендиев О.З., Алекперов Ш.Ш., Аллахвердиева А.Т.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНИ И ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ МАГНИТОЛЕВИТАЦИОННЫМ УРОВНЕМЕРОМ

В настоящее время, создание усовершенствованных приборов в области контрольно-измерительной техники очень актуально. Процесс проектирования и создание устройств, основанных на принципе магнитной левитации, является одним из важных вопросов. Создание новых улучшенных измерительных приборов чрезвычайно актуально. Таким образом, в судостроение наше исследование представляет собой возможности измерения этих данных с помощью буйковым уровнемеров. В статье рассматривается измерение уровня и плотности жидкости с помощью буйковым уровнемеров основанного на принципе магнитной левитации нового типа с широким диапазона измерений, основанного на принципе магнитной левитации измерение уровни и плотности. Исходя из этого контекста в статье рассмотрены возможности измерения уровня и плотности жидкости в судовых резервуарах буйковым, магнитолевитационным уровнемером.

Ключевые слова: измерительный прибор, системы магнитной левитации, буйковый уровнемер, уровень жидкости, плотность жидкости.

Введение. Основу нашей научной работы составляет и измерение уровня и плотности жидкости магнитолевитационным буйковым уровнемером в судовых резервуарах. Целью представленной работы является исследование возможности измерения уровня и плотности жидкости магнитолевитационным буйковым уровнемером в различных резервуарах. Принцип магнитной левитации обладает многими положительными особенностями. Один из них заключается в том, что левитирующий тело, играющее роль чувствительного элемента может размещать его на различных измерительных камерах, которая позволяют исследователю локализовать фактор и исключать все остальные. Это позволяет проводить измерения в различных средах, охватываемых этим телом, таких как жидкости и газы, при различных температурах и давлениях в вакууме, воздушных и морских суднах, жидкостей, перевозимых в танкерах, топливного бака судна и.т.д.

Основная часть. В настоящее время большое значение имеет создание новых приборов в области контрольно-измерительной техники. Актуальность данной темы в том, что устранение недостатков и усовершенствование ранее созданных приборов, а также применение новых методов и последние достижения электроники дают возможность завершить выполняемые процессы быстро и точно. С другой стороны, требуется высокая надежность. Особенно жесткие требования предъявляются к приборам, которые используются в морских условиях, в том числе судовой технике.

В настоящее время большое значение имеет создание новых приборов в области контрольно-измерительной техники. Актуальность данной темы в том, что устранение недостатков и усовершенствование ранее созданных приборов, а также применение новых методов и последние достижения электроники дают возможность завершить выполняемые процессы быстро и точно. С другой стороны, требуется высокая надежность. Особенно жесткие требования предъявляются к приборам, которые используются в морских условиях, в том числе судовой технике.

В работе рассматривается комплексное решение поставленной задачи – моделирование с точки зрения физики, математические расчеты, разработка принципиальной электронной

схемы и программного обеспечения для микроконтроллера, выполняющего непосредственную визуализацию результатов при непрерывном режиме работы прибора.

Принцип работы таких приборов основан на магнитной левитации [1], т.е. уравнивании двух сил – силы гравитации, действующей на буйёк, который помещается частично или полностью в измеряемой жидкости, и силы тяги магнита со стороны электромагнита. Прибор имеет два буйка – первый шар, второй прут. Размеры первого буйка не играют существенную роль. Для измерения плотности данной жидкости, первый буйёк полностью помещается в жидкости. Для измерения заполняемой части данного объема (паровой котёл на судах, цистерна в танкерах и т.п.) жидкостью, часть второго буйка находится в жидкости, а остальная часть находится над поверхностью жидкости. Предположим, для простоты, что второй буйёк представляет собой инертный металлический цилиндр. Высота второго буйка равна глубине объема, который заполняется жидкостью.

Предпочтительное свойство такого метода в том, что работающие приборы по этому принципу имеют минимальные движущие части.

Суть вышесказанного метода коротко можно описать следующим образом. Некий магнит жестко связан с первым буйком для измерения плотности жидкости или заполняемой части данного объема жидкостью. Постоянный магнит помещен в зоне постоянной тяги электромагнита. При изменении веса подвешенного тела индуктивный датчик подаёт сигнал на токорегилирующее устройство, которое изменяет величину электрического тока, проходящего через обмотку соленоида.

Рассмотрим более подробно вышеуказанные процессы. В первом этапе с помощью прибора определяется плотность жидкости. Предположим, что первый магнит жестко связан с первым буйком и сердечником обмотки, который регистрирует малое перемещение магнита (рис.1). Пусть некоторая минимальная часть объема заполнена жидкостью. В этом случае буйёк имеет малые размеры (например, шар с диаметром несколько сантиметров) и находится (плавает) в жидкости. Предположим, что действующие силы приложены к магниту.

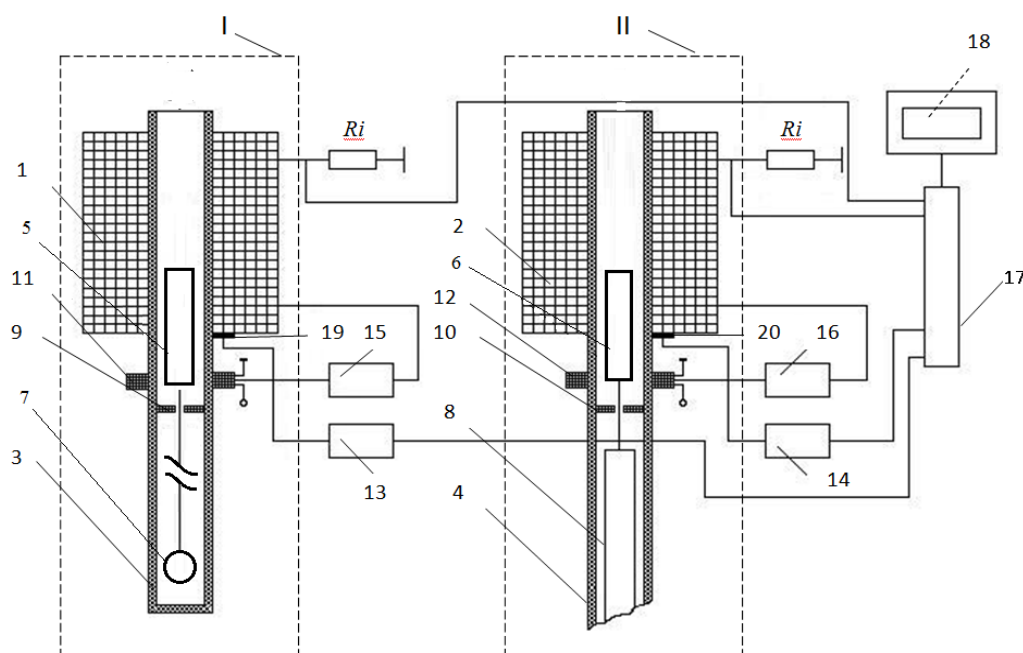


Рисунок 1 – Схема для устройства измерения уровня и плотности жидкости урвнеммером с магнитной левитацией и буйком

Для данного случая

$$F_T - F_A - F_{\text{Э}} = 0. \quad (1)$$

Здесь, F_T – сила тяжести и F_A – сила Архимеда, действующие на буюк, $F_{\text{Э}}$ – сила электромагнита, действующая на магнит.

Учитывая, что $F_T = m_b g = \rho_b g V_b$, $F_A = \rho_{\text{ж}} g V_b$ и $F_{\text{Э}} = K_0 \cdot I_c$ (здесь m_b , ρ_b , V_b – масса, плотность и объем буйка соответственно, g – ускорение свободного падения, $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, K_0 – некоторый коэффициент, который зависит от параметров первого электромагнита, I_c – сила тока, который протекает через обмотку первого электромагнита) из уравнения (1) получим [1]:

$$\rho_b g V_b - \rho_{\text{ж}} g V_b - K_0 \cdot I_c = 0 \quad (2)$$

отсюда:

$$\rho_b - \rho_{\text{ж}} = \frac{K_0}{g V_b} \cdot I_c \quad (3)$$

И так

$$\rho_b - \rho_{\text{ж}} = \frac{A}{R_a} U_x \quad (4)$$

Здесь,

$$A = \frac{K_0}{g V_b} \cdot I_c \cdot R_a,$$

где R_a – некоторое сопротивление, который соединен последовательно обмоткой электромагнита; U_x – падение напряжения на сопротивлении R_a , который соответствует току протекающему через обмотку электромагнита.

При отсутствии жидкости не действует сила Архимеда, и буюк висит в воздухе. В этом случае из выражении (4):

$$\rho_b = \frac{A}{R_a} U_m; \quad \rho_{\text{ж}} = 0. \quad (5)$$

Здесь, U_m – максимальное значение падения напряжения на резисторе R , который соответствует току, протекающему через обмотку электромагнита, в случае отсутствия жидкости.

При наличии жидкости действует сила Архимеда, и буюк плавает в (внутри) жидкости. В этом случае из выражении (4):

$$\rho_b - \rho_{\text{ж}} = \frac{A}{R_a} U; \quad \rho_{\text{ж}} \neq 0. \quad (6)$$

Здесь, U – некоторое значение падения напряжения на резисторе R_a , который соответствует току, протекающему через обмотку электромагнита в случае наличия жидкости.

Из выражении (5) и (6) получается

$$\frac{\rho_b}{U_m} = \frac{\rho_b - \rho_{\text{ж}}}{U}. \quad (7)$$

Отсюда

$$\rho_{жс} = \rho_{\delta} - \frac{\rho_{\delta}}{U_m} \cdot U. \quad (8)$$

Зная значения ρ_{δ} , U_m , U – с помощью выражения (8) можно определить $\rho_{ж}$ – плотность жидкости.

После определения $\rho_{ж}$ – плотности жидкости, с помощью второго буйка можно определить уровень заполненной части объема жидкостью.

В этом случае, учитывая, что $F_T = m_{\delta}g = \rho_{\delta}gV_{\delta}$, $F_A = \rho_{ж}gV'_{\delta}$ и $F_{\Sigma} = K'_0 \cdot I_c$ (здесь m_{δ} , ρ_{δ} , V_{δ} – масса, плотность и полный объем буйка соответственно, g – ускорение свободного падения, $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, V'_{δ} – объем буйка который находится в жидкости, K'_0 – некоторый коэффициент, который зависит от параметров второго электромагнита, I_c – сила тока, который протекает через обмотку второго электромагнита) из уравнения (1) получим [1]

$$\rho_{\delta}gV_{\delta} - \rho_{жс}gV'_{\delta} - K'_0 \cdot I_c = 0. \quad (9)$$

Проводя такие же преобразования, как в первом случае, получим:

$$\begin{aligned} \rho_{\delta}V_{\delta} - \rho_{жс}V'_{\delta} &= \frac{K'_0 \cdot I_c}{g}; \\ \rho_{\delta}V_{\delta} - \rho_{жс}V'_{\delta} &= \frac{B}{R_b}U'_x. \end{aligned}$$

Здесь, $B = \frac{K'_0 \cdot I_c}{g} \cdot R_b$ (R_b – некоторое сопротивление, которое соединено последовательно обмоткой электромагнита), U'_x – падение напряжения на сопротивлении R_b , которое соответствует току, протекающему через обмотку электромагнита

$$\rho_{\delta}V_{\delta} = \frac{B}{R_b}U'_m; \quad V'_{\delta} = 0.$$

Здесь, U'_m – максимальное значение падения напряжения на резисторе R_b , которое соответствует току, протекающему через обмотку электромагнита, в случае отсутствия жидкости, заполняющей объем

$$\rho_{\delta}V_{\delta} - \rho_{жс}V'_{\delta} = \frac{B}{R_b}U'; \quad V'_{\delta} \neq 0.$$

Здесь, U' – некоторое значение падения напряжения на резисторе R_b , которое соответствует току, протекающему через обмотку электромагнита, в случае заполнения жидкостью некоторой части объема

$$\begin{aligned} \frac{\rho_{\delta}V_{\delta}}{U'_m} &= \frac{\rho_{\delta}V_{\delta} - \rho_{жс}V'_{\delta}}{U'}; \\ \frac{U'}{U'_m} &= 1 - \frac{\rho_{жс}V'_{\delta}}{\rho_{\delta}V_{\delta}}. \end{aligned}$$

В этом выражении, считая форму буйка цилиндрической, можно перейти к высоте буйка h , погруженной в жидкость, которая соответствует V'_{δ} , и H , полной высоте буйка, которая

соответствует V_6 . Полная высота H также соответствует высоте объема.

$$\frac{U'}{U'_m} = 1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_6} \cdot \frac{h}{H};$$

$$\theta = \frac{h}{H} = \frac{\rho_6}{\rho_{ж}} \cdot \left(1 - \frac{U'}{U'_m}\right). \quad (10)$$

Выражение (10) показывает отношение высоты заполненной части к полной высоте заполняемого объема. Надо отметить, что выражение (10) справедливо для тех случаев, в которых горизонтальные сечения заполняемого объема не зависят от высоты заполнения.

Зная ρ_6 , $\rho_{ж}$, U'_m , U' – с помощью выражения (10) можно определить $\theta = \frac{h}{H}$ отношение высоты заполненной части к полной высоте заполняемого объема.

В настоящее время развития цифровой электроники позволяет осуществить визуализацию результатов вычисления формулы (8) и (10). В выражениях (8) и (10) имеется зависимость от падения напряжений U_m , U и U'_m , U' соответственно. Как сказано выше, U_m и U'_m есть максимальные значения падения напряжений на резисторах R_a и R_b .

Визуализацию результатов можно осуществить с помощью дисплея и микроконтроллера. Известно, что микроконтроллеры имеют рабочее напряжение – напряжение питания. Для измерения (сравнения) сигнала микроконтроллеры еще имеют опорное напряжение. В частности, напряжение питания берется как опорное напряжение, и сигнальное напряжение сравнивается с этим напряжением. Выбирая R_a и R_b можно получить максимальное значение падения напряжений U_m и U'_m , которое равно опорному напряжению. Обычно, это осуществляется с помощью переменного резистора, т.к. переменный резистор (крайние выводы) параллельно подключается на резистор R_a или R_b . От среднего вывода переменного резистора берется сигнальное напряжение. При максимальном значении тока, протекающего через резистор R_a или R_b переменный резистор подстраивается так, что на среднем выводе переменного резистора получилось значение сигнального напряжения равного опорному напряжению.

Для проверки достоверности результатов вычислений и стимуляции разработанной нами схемы (формулы (8) и (10)) с помощью программы «Proteus 7 Professional» собрана принципиальная электрическая схема, использующая 2 переменных резистора для получения сигнала от 0 до 5 В, который соответствует протекающему току через электромагниты, микроконтроллер ATMEGA8 для преобразования полученных сигналов на измеряемые величины с помощью составленной нами программы и жидкокристаллического дисплея LM016 для отображения полученных результатов.

В принципиальной электрической схеме (рис.1) RV1 и RV2 переменные резисторы служат для получения напряжения от 0 до 5В, которое соответствует протекающему току через электромагниты. Полученные сигналы, которые соответствуют плотности жидкости и заполненной части объема подаются к выводам PC0 и PC1 (0 и 1 выводам порта C) микроконтроллера ATMEGA8. Кнопка, резистор R2 и вывод PC6 используются для перезапуска (команда RESET) микроконтроллера ATMEGA8. Порт В (выводы PB0, PB1, PB2, PB4, PB5, PB6, PB7) используется для жидкокристаллического дисплея LM016 для отображения полученных результатов.

В микроконтроллере ATMEGA8 с помощью составленной программы производятся определенные операции (периодическая регистрация значений напряжения выводов PC0 и PC1, вычисления по формулам (8) и (10) $\rho_{ж}$ – плотность жидкости и θ – заполненной части объема данной жидкостью, вывод полученных результатов на дисплей). Вся операция происходит циклически и в секунду может выполняться несколько тысяч циклов, зависимо от выбранной тактовой частоты микроконтроллера ATMEGA8. Тактовая частота и остальные

параметры микроконтроллера ATMEGA8 определялась с помощью программного обеспечения «CodeVisionAVR».

Для функционирования принципиальной электрической схемы нами составлена программа для микроконтроллера с помощью программы «CodeVisionAVR».

В составленную программу вводятся: постоянные (плотность материала и высота буйка), переменные (величина сигналов на выводах PC0 и PC1), название дисплея, настройка и назначения выводов и формулы для вычисления. Данные (сигналы, или переменные) поступают с выводами PC0 и PC1 и полученные значения используются для вычислений. В первую очередь вычисляется плотность жидкости. На втором этапе, используя полученные значения плотности жидкости, вычисляется заполненная часть объема данной жидкостью в процентах.

В составленную программу введены формулы (8) и (10) для вычисления $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости (таблица, строка 69) и θ – заполненной части (таблица, строка 76) объема данной жидкостью. Из за отсутствие символов $\rho_{\text{ж}}$ и θ , в составленной программе произведены замены $\rho_{\text{ж}}$ на D и θ на H, которые отображаются на дисплее.

Составленная программа с помощью программатора записывается на память микроконтроллера ATMEGA8.

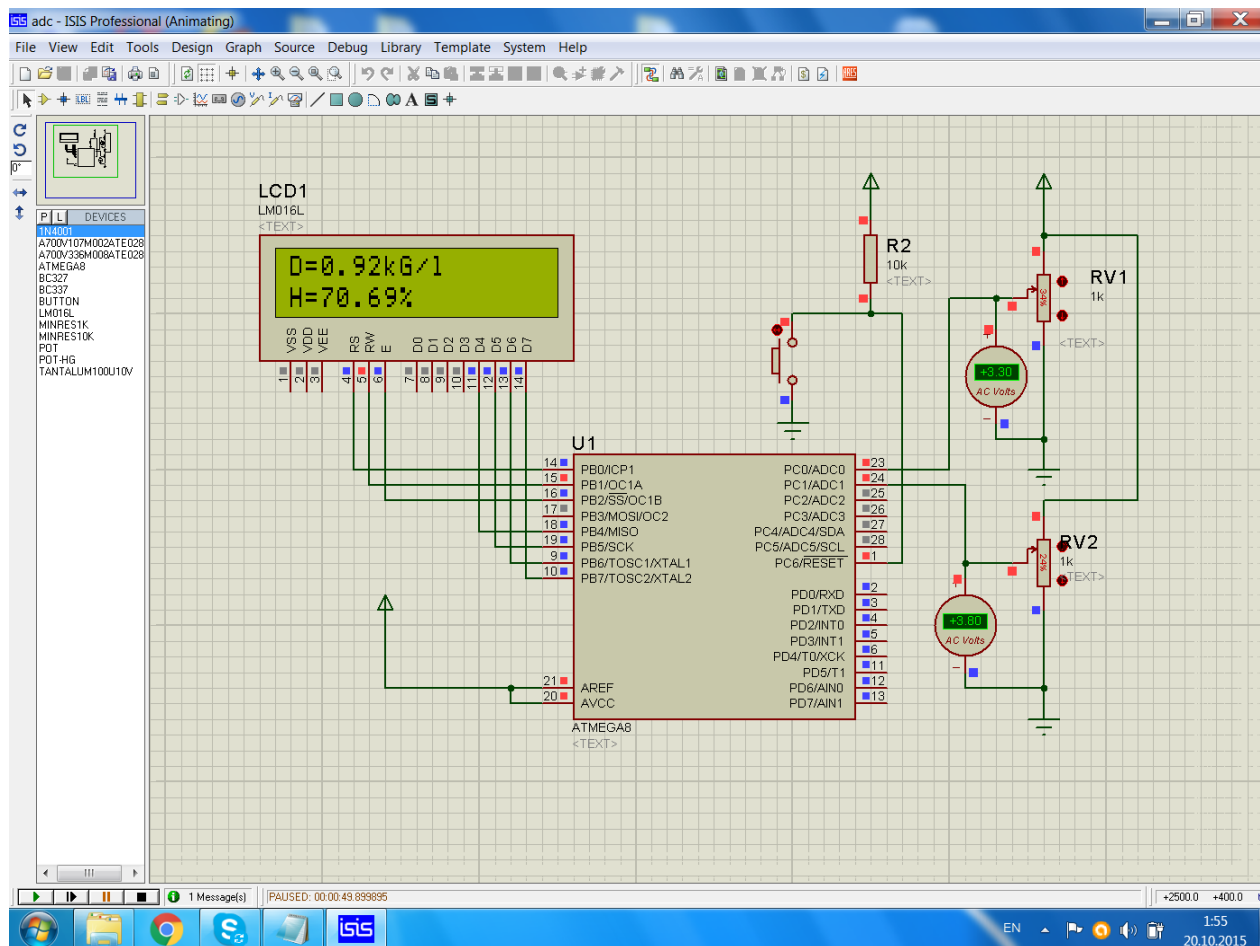


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема для устройства измерения уровня и плотности жидкости

Вывод. С помощью формул делал необходимый преобразования над аналоговыми сигнальными напряжениями, поступающими во входы микроконтроллера порт PC0 и порт PC1 с большой точностью в непрерывном режиме определяется плотность и объем уровня заполнения процентных ставок. Для проверки точности результатов расчета база собрана

принципиальная электрическая схема с использованием формул, программы «Proteus 7 Professional» переменных резисторов, микроконтроллеров и жидкокристаллического дисплея. Для работы принципиальной электрической схемы для микроконтроллеров была разработана программа «Code Vision AVR».

ЛИТЕРАТУРА

1. А.М. Пашаев, О.З. Эфендиев. Теория и практика магнитной левитации в приборостроении. М., Изд. «Машиностроение», 2009, 335 с.
2. Радио – ежегодник, 2013, выпуск 24, Тематический обзор печати и Интернет –ресурсов, Proteus по-русски. 443 с.
3. Евстифеев, А.В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEL. М.: издательский дом «ДОДЭКА-XXI», 2004.
4. Евстифеев, А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega: руководство пользователя. М.: издательский дом «ДОДЭКА-XXI», 2007.

Afandiyev O.Z., Alakbarov Sh., Sh., Allahverdieva A.T.

THE INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF MEASURING FLUID LEVELS AND DENSITY WITH A MAGNITOLEVITATIONAL LEVEL

Creating improved devices in the field of control measuring technique nowadays are very actual and important. The process of designing and designing devices based on magnetic levitation principle is one of the important. The creation of new improved measuring devices is extremely urgent. Thus the object of, our research is the study of possibilities of measuring the level and density of the liquid in magnetic levitation by measuring the magnitude of the fluid level. By referring to this context, the article deals with the measurement of the level and density of the liquid with the high-precision and precision magnetic levitation device based on the magnetic levitation principle of a new type of large-scale measuring range based on magnetic levitation principle. As a result of it the context of measuring the level and density of liquid in the ship reservoirs by magnetic levitation and buoy level gauge are considered in the article.

Key words. measurement devices, system magnetic levitation, buoy level gauge, fluid level, density of the liquid

Ефендієв О.З., Алекперов Ш.Ш., Аллахвердієва А.Т.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЗМОЖНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ РІВНІ І ЩІЛЬНОСТІ ЖИДКОСТІ МАГНІТОЛЕВІТАЦІОННИМ РІВНЕМІРОМ

В даний час, створення удосконалених приладів в області контрольної-вимірної техніки дуже актуально. Процес проектування та створення пристроїв, заснованих на принципі магнітної левітації, є одним з важливих питань. Створення нових поліпшених вимірних приладів надзвичайно актуально. Таким чином, в суднобудування наше дослідження є можливостями вимірювання цих даних за допомогою буйкових рівнемірів. У статті розглядається вимір рівня і щільності рідини за допомогою буйкових рівнемірів заснованого на принципі магнітної левітації нового типу з широким діапазоном вимірювань, заснованого на принципі магнітної левітації вимір рівня і щільності. Виходячи з цього контексту в статті розглянуті можливості вимірювання рівня і щільності рідини в суднових резервуарах буйкових, магнітолевітаційним рівнеміром.

Ключові слова: вимірний прилад, системи магнітної левітації, буйковий рівнемір, рівень рідини, щільність рідини.

Султанов Э.Ф., Абдуллаев А.Н.

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ЧАСТОТНО-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДОВЫХ БУКСИРНЫХ ЛЕБЁДОК

В статье проведен анализ основных преимуществ асинхронного привода частотного управления по сравнению с трёхскоростным асинхронным приводом судовой буксирной лебёдки.

Также в статье утверждается, что буксирная лебёдка управляемая частотным преобразователем имеет следующие преимущества: полное обеспечение предела и плавности регулирования скорости необходимой буксирной лебёдке; возможность автоматического управления устройства; надёжность; легкость эксплуатации.

Ключевые слова: судно, асинхронный двигатель, буксирная лебедка, преобразователь частоты, управление.

Введение. Как известно после перехода на переменный ток судовых электростанций, на современных судах палубные механизмы, в том числе буксирные лебедки были оснащены адаптированными к морским условиям 2÷3 скоростными асинхронными двигателями типа МАП. На буксирных судах, проводящих буксировку в открытом море, а также на спасательных и ледокольных судах для автоматизации буксирных лебёдок устанавливают дополнительные элементы. Первым из этих элементов является элемент, который измеряет тяговое усилие троса, который делится по конструкции на два вида:

1. Измерительное устройство с планетарной передачей;
2. Измерительный элемент, расположенный непосредственно на барабане с тросом.

Измерительный прибор, расположенный на барабане из-за особенности конструкции и сложности эксплуатации на судах используется редко. Элемент с планетарной передачей в автоматическом режиме работы в зависимости от тягового усилия не обеспечивает плавного регулирования скорости вращения двигателя. Работа такого датчика состоит только из пуска двигателя в определенном направлении [1, 2].

Основная часть. 2-ой элемент автоматической системы буксирной лебёдки – это устройство, которое передаёт значение измеренного усилия в цепь управления двигателя и способствует его автоматическому пуску. Обычно такие устройства называются датчиками системы автоматического управления.

Центральным элементом системы, измеряющая тяговое усилие является планетарная передача, установленная на редукторе, находящемся между двигателем и барабаном. Для изучения работы этих элементов, рассмотрим кинематическую схему автоматизированной буксирной лебёдки с планетарной передачей (рис. 1).

Основное зубчатое колесо (1) редуктора приводится в движение исполнительным (ИД) трёхскоростным асинхронным двигателем типа МАП. Вращающееся планетарное зубчатое колесо (4), передаёт вращение барабану с помощью прикрепленных к нему сателлитов. При заторможенном двигателе, тяговое усилие, действующее на барабан, поворачивает его на определенный угол. Этот угол поворота передаётся к прикрепленному к оси барабана зубчатому колесу и с помощью сателлитов на лицевой тормозной зубчатый кожух (2). Поворот этого кожуха на определённый угол изменяет натяжение или же сжатие пружины измерительного устройства (6). В статическом состоянии устройства, то есть при равенстве

тягового усилия троса заданному значению, сила тяги пружины создаёт равенство с тяговым усилием барабана. При изменении тягового усилия на барабане (например при увеличении) также изменяется состояние тормозного кожуха. Поворот тормозного кожуха является причиной растяжения пружины (6) измерительного устройства.

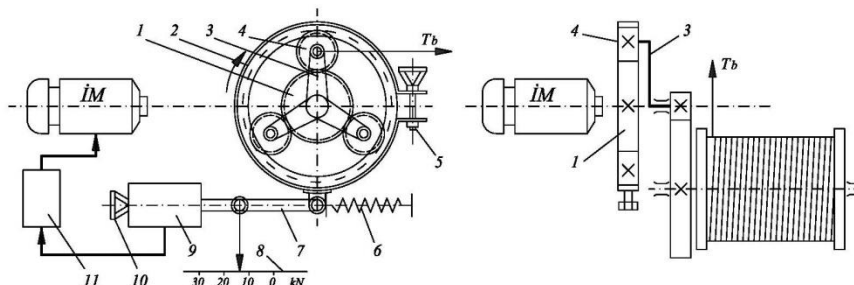


Рисунок 1 – Кинематическая схема автоматизированной буксирной лебёдки с измерительным устройством с планетарной передачей

Растяжение пружины (6) передаётся на показатель (8) и на контактный механический датчик (9) с помощью оси (7). С помощью маховика (10) задаётся постоянное значение тягового усилия. На датчике (9) расположены контакты, управляющие магнитной станцией (11) двигателя. При отклонении значения тягового усилия на барабане от заданного, разность тяговых усилий при этом воздействует на ось (7), которая перемещаясь закрывает определённые контакты датчика (9), этим самым получают питание катушки управления линейного контактора и одного из контакторов направления (травить и выбирать), расположенных в магнитной станции (11). Таким образом от воздействия датчика двигатель запускается в нужном направлении и тяговое усилие в тросе возвращаясь в первоначальное значение открывает закрытые контакты датчика, ток в обмотках закрытых контакторов прекращается, что приводит к остановке двигателя.

В настоящее время используемый в буксирной лебёдке трёхскоростной АД с короткозамкнутым ротором и его система управления имеет ряд недостатков. Среди них (можно показать) ступенчатое регулирование скорости, осуществление управления с помощью контакторов, большие массогабаритные показатели двигателя (так как на статоре расположены три трёхфазные обмотки) и самое главное, неспособность полного обеспечения регулировочной характеристики двигателя буксирной лебёдки. Для устранения этих недостатков разработана нижеприведённая автоматическая система.

В предложенной новой автоматической системе контактный датчик (9) был заменён дифференциальным трансформаторным датчиком, а контакторы магнитной станции заменили полупроводниковым частотным преобразователем (11) со звеном постоянного тока.

На рисунке 2 показана кинематическая схема такой автоматизированной буксирной лебёдки [1].

В кинематической схеме, показанной на рис 2. измерение тягового усилия на барабане как и на рис.1. осуществляется с помощью устройства с планетарной передачей. Только здесь прямолинейное движение оси (7) механически связанной с пружиной (6) и тормозным кожухом (2) передается не на механический контактный датчик, а на сердечник датчика дифференциального трансформатора. То есть, когда фактическое тяговое усилие в барабане отличается от заданного значения, то под действием разницы этих сил ось (7) приводит в движение сердечник датчика дифференциального трансформатора (9) и на выходной обмотке трансформатора наводится ЭДС. Под действием ЭДС на частотный преобразователь с широтно-импульсной модуляцией (11) электрический двигатель запускается в нужном направлении

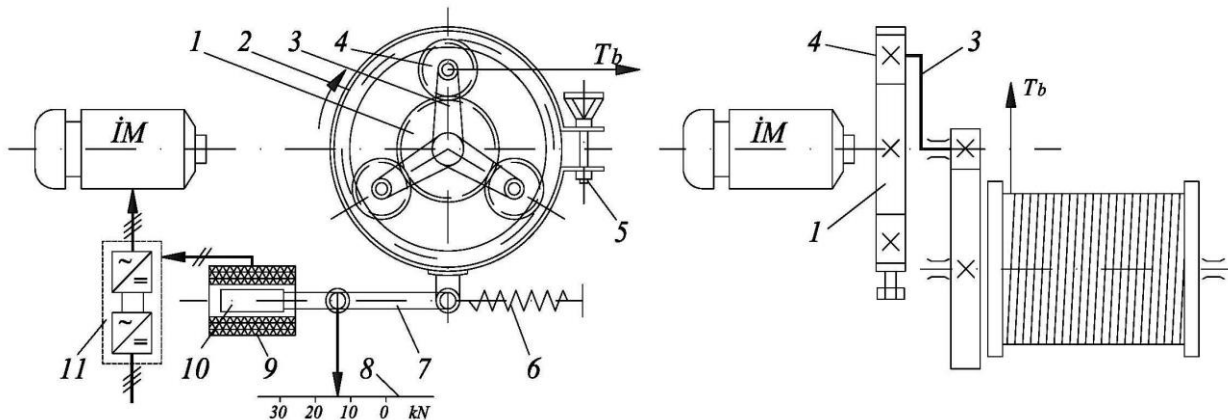


Рисунок 2 – Кинематическая схема буксирной лебёдки, управляемый с помощью частотного преобразователя

Датчик дифференциального трансформатора – это устройство, преобразующее прямолинейное движение в электрическое напряжение. Он состоит из двух двухсекционных обмоток (рис.3). Магнитная связь между первичной и вторичной обмотками может изменяться в зависимости от движения сердечника.

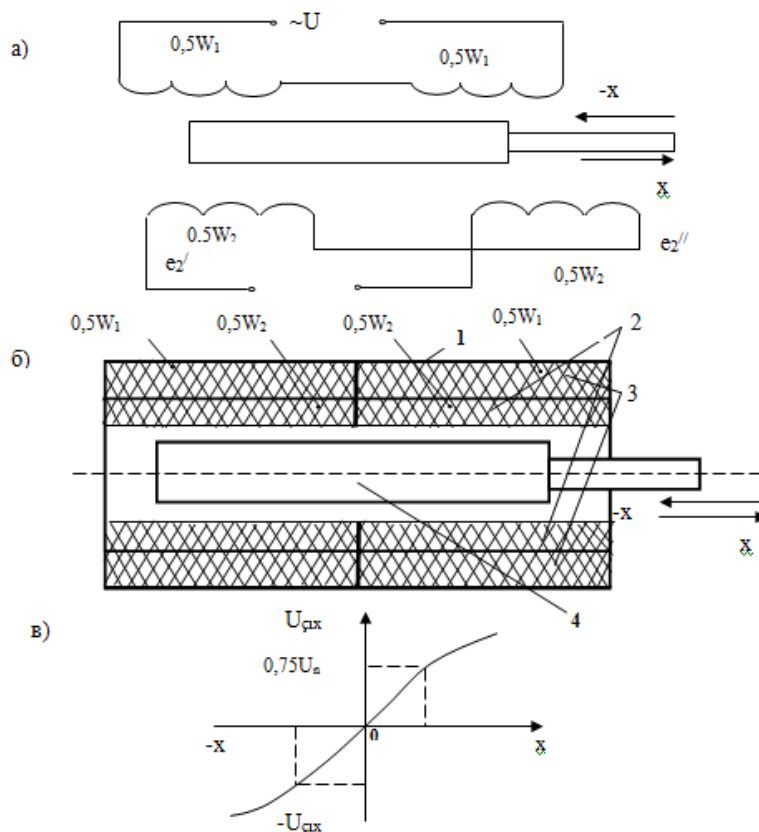


Рисунок 3 – Дифференциально-трансформаторный датчик:
(а) – схема соединения обмоток, (б) – конструктивная схема,
(в) – статическая характеристика

Если сердечник расположен относительно обмоток симметрично, то возникающие на вторичных обмотках равные друг другу, но противоположные по направлению ЭДС e_1 и e_2 , то выходное напряжение на вторичной обмотке $U_{\text{вых}} = 0$. Если перемещать сердечник в определенном направлении, то наводящиеся на обмотках ЭДС e_1 и e_2 не будут равны друг другу и на выходе вторичной обмотки напряжение будет равна разнице этих ЭДС.

Направление этого напряжения будет зависеть от направления, а значение от расстояния перемещения сердечника. Проведём сравнение регулировочных характеристик буксирной лебёдки с односкоростным асинхронным двигателем с частотным преобразователем с действующим трёхскоростным асинхронным двигателем буксирной лебёдки. Следует отметить, что в обоих вариантах применяют специально разработанный для палубных механизмов и имеющий большой пусковой момент, асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором типа МАП.

Односкоростной асинхронный двигатель (однообмоточный статор) буксирной лебёдки с частотным управлением [3]. Тип двигателя: МАП 521-4. Мощность: $P_n = 34 \text{ кВт}$. Номинальная скорость вращения: $n_n = 1445 \text{ об/мин}$.

Перегрузочная способность:

$$\frac{M_{\max}}{M_n} = 2,5, \quad (\lambda = 2,5);$$

$$M_n = 9,81 \frac{P_n \cdot 975}{n_n} = 9,81 \frac{34 \cdot 975}{1445} = 225 \text{ Нм};$$

$$M_{\max} = 2,5 \cdot 225 = 562 \text{ Нм}.$$

Номинальное скольжение:

$$S_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} = \frac{1500 - 1445}{1500} = 0,036.$$

Критическое скольжение:

$$S_{kp} = S_n (\lambda \pm \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0,036(2,5 \pm \sqrt{2,5^2 - 1}) = 0,17.$$

Естественная характеристика двигателя $M=f(S)$ с помощью формулы Клосса будет

$$M = \frac{2M_{\max}}{\frac{s}{s_{kp}} + \frac{s_{kp}}{s}}. \quad (1)$$

А механическая характеристика

$$n = n_0 (1 - s). \quad (2)$$

В формулах (1-2) изменяя значение “S”-я от 0 до 1 определяем соответствующие значения M и n .

1. $s=0$; $M=0$; $n=n_0=1500 \text{ об/мин}$.

2. $s=0,02$; $M = \frac{2M_{\max}}{\frac{s}{s_{kp}} + \frac{s_{kp}}{s}} = \frac{2 \cdot 562}{\frac{0,02}{0,17} + \frac{0,17}{0,02}} = 130 \text{ Нм}.$

$$n = n_0(1 - s) = 1500(1 - 0,02) = 1470 \text{ об/мин.}$$

В таблице 1 приведены результаты вычислений.

Таблица 1

S	0	0,02	0,036	0,1	0,17	0,2	0,3	1
M, Нм	0	130	225	491	562	550	487	450
n, об/мин	1500	1470	1445	1350	1245	1200	900	0

Так как статический момент сопротивления буксирной лебёдки в основном считается постоянным в зависимости от водоизмещения буксируемого судна, то для поддержания постоянства перегрузочной способности двигателя в регулировочных характеристиках при изменении частоты должно выполняться условие $\frac{U}{f_1} = const$.

Механическая характеристика двигателя, построенная по данным таблицы 1 и регулировочная характеристика, полученная с помощью частотного преобразователя показаны на рис.4.

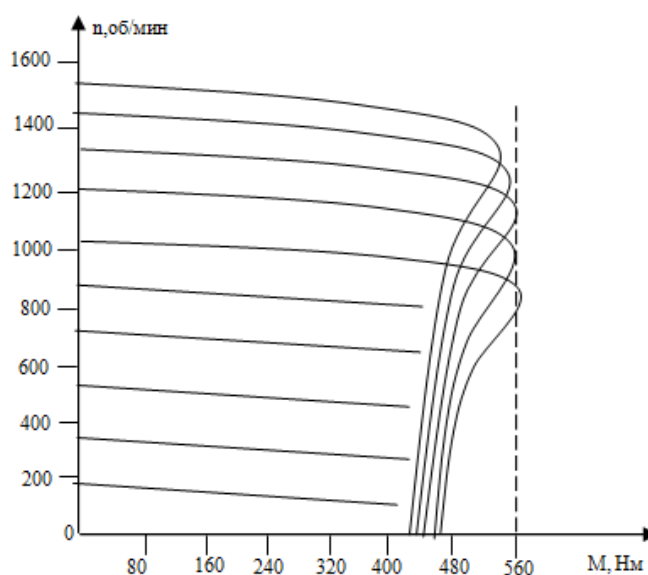


Рисунок 4 – Регулировочная характеристика, полученная изменением частоты односкоростного асинхронного двигателя типа МАП

Как видно из рис.4, полученные с помощью частотного преобразователя регулировочные характеристики полностью обеспечивают необходимый двигателю предел и плавность регулирования.

Следует отметить, что при таком регулировании двигатель необходимый для буксирной лебёдки полностью сохраняет постоянной перегрузочную способность $\lambda = 2,5$ при всех значениях (вниз от номинальной) скорости вращения.

Надёжность односкоростного привода. Из-за отсутствия контактной системы в силовой и управляющей цепях двигателя, надёжность электропривода повышается, а эксплуатация упрощается. Масса односкоростного асинхронного двигателя: $Q_2 = 392 \text{ кг}$

Трёхфазный асинхронный двигатель нынешней буксирной лебёдки. Тип двигателя: МАП 622-4/8/16. Мощность: $P_H=28, 36, 10$ кВт. Номинальные скорости вращения: $n_H=1445/670/315$ об/мин.

$$\text{Перегрузочная способность } \lambda_1 = \frac{M_{\max 1}}{M_{H1}} = 2,1; \quad \lambda_2 = \frac{M_{\max 2}}{M_{H2}} = 2,5; \quad \lambda_3 = \frac{M_{\max 3}}{M_{H3}} = 2,4.$$

Двигатель запускается в помощь первой обмотки ($2p=16$) и работает на низкой скорости. Вторая обмотка ($2p=8$)—это обмотка самая мощная, способная создавать высокий вращающий момент. С помощью этой обмотки двигатель под нагрузкой выбирает или травит трос [3].

Третья обмотка ($2p=4$) считается высокоскоростной обмоткой, с помощью которой свободный трос наматывается на барабан.

Определим параметры отдельных обмоток:

$$\begin{aligned} M_{1H} &= 9,81 \frac{975 \cdot P_{1H}}{n_{1H}} = 9,81 \frac{975 \cdot 10}{315} = 303,6 \text{ Нм}; \\ M_{2H} &= 9,81 \frac{975 \cdot P_{2H}}{n_{2H}} = 9,81 \frac{975 \cdot 36}{670} = 514 \text{ Нм}; \\ M_{3H} &= 9,81 \frac{975 \cdot P_{3H}}{n_{3H}} = 9,81 \frac{975 \cdot 28}{1445} = 185 \text{ Нм}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Номинальное скольжение: } S_{1H} &= \frac{n_{01} - n_{H1}}{n_{01}} = \frac{375 - 315}{375} = 0,16; \\ S_{2H} &= \frac{n_{02} - n_{H2}}{n_{02}} = \frac{750 - 670}{750} = 0,106. \end{aligned}$$

Найдём соответственно критические скольжения для обмоток:

$$\begin{aligned} S_{3H} &= \frac{n_{03} - n_{H3}}{n_{03}} = \frac{1500 - 1445}{1500} = 0,036; \\ S_{1kp} &= S_{1H} (\lambda_1 \pm \sqrt{\lambda_1^2 - 1}) = 0,16(2,1 \pm \sqrt{2,1^2 - 1}) = 0,63; \\ S_{2kp} &= S_{2H} (\lambda_2 \pm \sqrt{\lambda_2^2 - 1}) = 0,106(2,5 \pm \sqrt{2,5^2 - 1}) = 0,47; \\ S_{3kp} &= S_{3H} (\lambda_3 \pm \sqrt{\lambda_3^2 - 1}) = 0,036(2,4 \pm \sqrt{2,4^2 - 1}) = 0,165. \end{aligned}$$

Максимальные моменты созданные обмотками:

$$\begin{aligned} M_{1\max} &= \lambda_1 \cdot M_{1H} = 2,1 \cdot 303,6 = 637,6 \text{ Нм}; \\ M_{2\max} &= \lambda_2 \cdot M_{2H} = 2,5 \cdot 514 = 1285 \text{ Нм}; \\ M_{3\max} &= \lambda_3 \cdot M_{3H} = 2,4 \cdot 185 = 444 \text{ Нм}. \end{aligned}$$

Для трёхскоростного двигателя, как и для сопоставимого односкоростного асинхронного двигателя используя формулу Клосса строим механическую характеристику для отдельных обмоток двигателя:

$$M_1 = \frac{2M_{1\max}}{\frac{s_1}{s_{1kp}} + \frac{s_{1kp}}{s_1}} = \frac{2 \cdot 637,6}{\frac{s_1}{0,63} + \frac{0,63}{s_1}}; \quad (3)$$

$$M_2 = \frac{2M_{2\max}}{\frac{s_2}{s_{2kp}} + \frac{s_{2kp}}{s_2}} = \frac{2 \cdot 1285}{\frac{s_2}{0,47} + \frac{0,47}{s_2}}; \quad (4)$$

$$M_3 = \frac{2M_{3\max}}{\frac{s_3}{s_{3kp}} + \frac{s_{3kp}}{s_3}} = \frac{2 \cdot 444}{\frac{s_3}{0,165} + \frac{0,165}{s_3}}; \quad (5)$$

$$n = n_0(1 - s). \quad (6)$$

Результаты расчёта по формулам (3–6) указаны в таблицах 2–4.

Таблица 2

S ₁	0	0,16	0,4	0,63	0,7	1
M ₁ , Нм	0	303,6	575	637	616	541
n ₁ , об/мин	375	315	225	139	112	0

Таблица 3

S ₂	0	0,2	0,4	0,47	0,6	0,7	1
M ₂ , Нм	0	928	1272	1285	1247	1189	1092
n ₂ , об/мин	750	600	450	397	300	225	0

Таблица 4

S ₃	0	0,036	0,1	0,165	0,4	0,5	1
M ₃ , Нм	0	185	395	444	314	270	266
n ₃ , об/мин	1500	1445	1350	1252	900	750	0

На рис.5 показаны механические характеристики, полученные на основе данных таблиц 2–4.

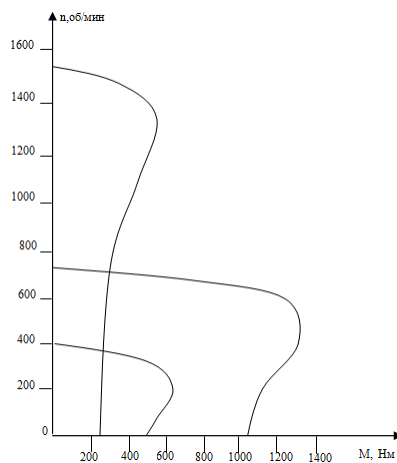


Рисунок 5 – Механическая регулировочная характеристика трёхскоростного АД типа МАП

В силовой цепи трехскоростного двигателя имеются трёхфазные контакторы трёх отдельных обмоток, и две трёхфазные контакторы направления. Из них цепь управления электропривода имеет много контактов рассчитанных на малый ток (до 2А). Всё это уменьшает надёжность и затрудняет эксплуатацию устройства. Масса трёхскоростного асинхронного двигателя $Q_1=710$ кг.

Вывод. Из проведённых сравнений ясно видно, что буксирная лебёдка управляемая частотным преобразователем имеет много преимуществ, основными из которых являются: полное обеспечение предела и плавности регулирования скорости необходимой буксирной лебёдке; возможность автоматического управления устройства; надёжность; легкость эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев А.М., Ягодкин В.А. Автоматизированные судовые электроприводы, М., Транспорт, 1986. - 448 ст.
2. Мехтиев Г.А., Гасанов З.А., Шабанов Т.Г. Автоматизированные судовые электроприводы. Баку, Изд. «Нурлан», 2005 год, стр.358. (на азербайджанском языке).
3. Судовые электроприводы. Справочник. Л. Судостроение, 1983, Т.II-384 ст.

Sultanov E.F., Abdullaev A.N.

THE TECHNICAL AND ECONOMIC ADVANTAGES OF THE FREQUENCY-TRANSFORMATION MANAGEMENT OF SHIPBOARD TOWING WINCH

The article analyzes the main advantages of the asynchronous frequency control drive as compared to the three-speed asynchronous drive of the ship towing winch.

The article also states that a towing winch controlled by a frequency converter has the following advantages: full provision of the limit and smoothness of speed control of the necessary towing winch; the ability to automatically control the device; reliability; ease of operation.

Keywords: Ship, asynchronous motor, towing winch, inventor, manager.

Султанов Е.Ф., Абдуллаєв А.Н.

ТЕХНІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕВАГИ ЧАСТОТНО-ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ СУДНОВИХ БУКСИРНИХ ЛЕБІДОК

У статті проведено аналіз основних переваг асинхронного приводу частотного управління в порівнянні з тріхскоростним асинхронним приводом судновий буксирного лебідки.

Також в статті стверджується, що буксирна лебідка керована частотним перетворювачем має такі переваги: повне забезпечення межі і плавності регулювання швидкості необхідної буксирного лебідці; можливість автоматичного керування пристрою; надійність; легкість експлуатації.

Ключові слова: судно, асинхронний двигун, буксирна лебідка, перетворювач частоти, управління.

Ковбатюк М.В., Беник Н.Г.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО НАПРЯМУ АДАПТАЦІЇ СУДНОБУДІВЕЛЬНО-СУДНОРЕМОНТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

У сучасних умовах функціонування така властивість підприємств як адаптивність, має бути посилена механізмами та інструментами управління. Це вимагає розробки відповідних методичних підходів та обґрунтування об'єктивних показників рівня адаптивності для визначення параметрів даного процесу.

У статті проведено дослідження щодо визначення оптимального напрямку адаптації суднобудівельно-судноремонтних підприємств водного транспорту на основі інтегрального коефіцієнту адаптивності підприємства, застосування якого здійснюється в рамках запропонованого алгоритму ідентифікації рівня адаптивності підприємства та визначення раціонального напрямку адаптації.

Ключові слова: адаптація підприємства, напрям адаптації, коефіцієнт адаптивності, алгоритм, суднобудівельно-судноремонтні підприємства.

Постановка проблеми. Аналіз стану підприємств суднобудування та судноремонту в Україні показав, що теперішня ситуація в цій галузі залишається дуже складною як з точки зору глобальних, так і регіональних позицій, хоча потреби у збільшенні обсягів вантажоперевезень у світі постійно зростають і створюють реальні можливості подальшого розвитку суднобудівельно-судноремонтних підприємств водного транспорту, тому реформування цієї галузі з метою адаптації суднобудівельно-судноремонтних підприємств до мінливості зовнішнього середовища є дуже важливим кроком.

У сучасних умовах функціонування така властивість підприємств як адаптивність, має бути посилена механізмами та інструментами управління. Це вимагає розробки відповідних методичних підходів та обґрунтування об'єктивних показників рівня адаптивності для визначення параметрів даного процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теорія та методологія вивчення адаптивних процесів у контексті еволюційної та синергетичної економіки були розроблені в працях зарубіжних і вітчизняних дослідників В. Ебелінга [15], А. Енгеля [15], В.І. Маєвського [9], В.А. Мау [10], Н.С. Слепцовой [13], Р. Файстеля [15]. Різні аспекти проблематики зовнішнього середовища та його значення щодо впровадження адаптаційних змін на підприємстві досліджені в працях зарубіжних авторів М. Альберта [11], М. Мескона [11], М. Портера [12], Ф. Хедоурі [11] та вітчизняних науковців В. Белошапки [2], Л. Довганя [4], Г. Кіндрацької [6], Н. Куденко [8], І. Малик [4].

Необхідно відзначити наукові дослідження у сфері економіки водного транспорту, у тому числі в суднобудуванні і судноремонті, таких вчених, як: О.С. Власенко [3], В.В. Жихарева [16], О.Н. Кибик [16], А.М. Котлубая [16] та інших. Проте, на думку авторів, питання щодо розробки дієвих механізмів адаптації підприємств водного транспорту залишаються не достатньо дослідженими.

Метою статті є розробка методичного підходу щодо визначення оптимального напрямку адаптації суднобудівельно-судноремонтних підприємств водного транспорту за допомогою інтегрального коефіцієнту адаптивності підприємства.

Основні результати дослідження. Оскільки розробок щодо формування механізмів адаптації суднобудівельних-судноремонтних підприємств недостатньо, авторами був сформований алгоритм визначення оптимального напрямку адаптації та оцінки ефективності його впровадження на суднобудівельно-судноремонтному підприємстві (рис. 1).

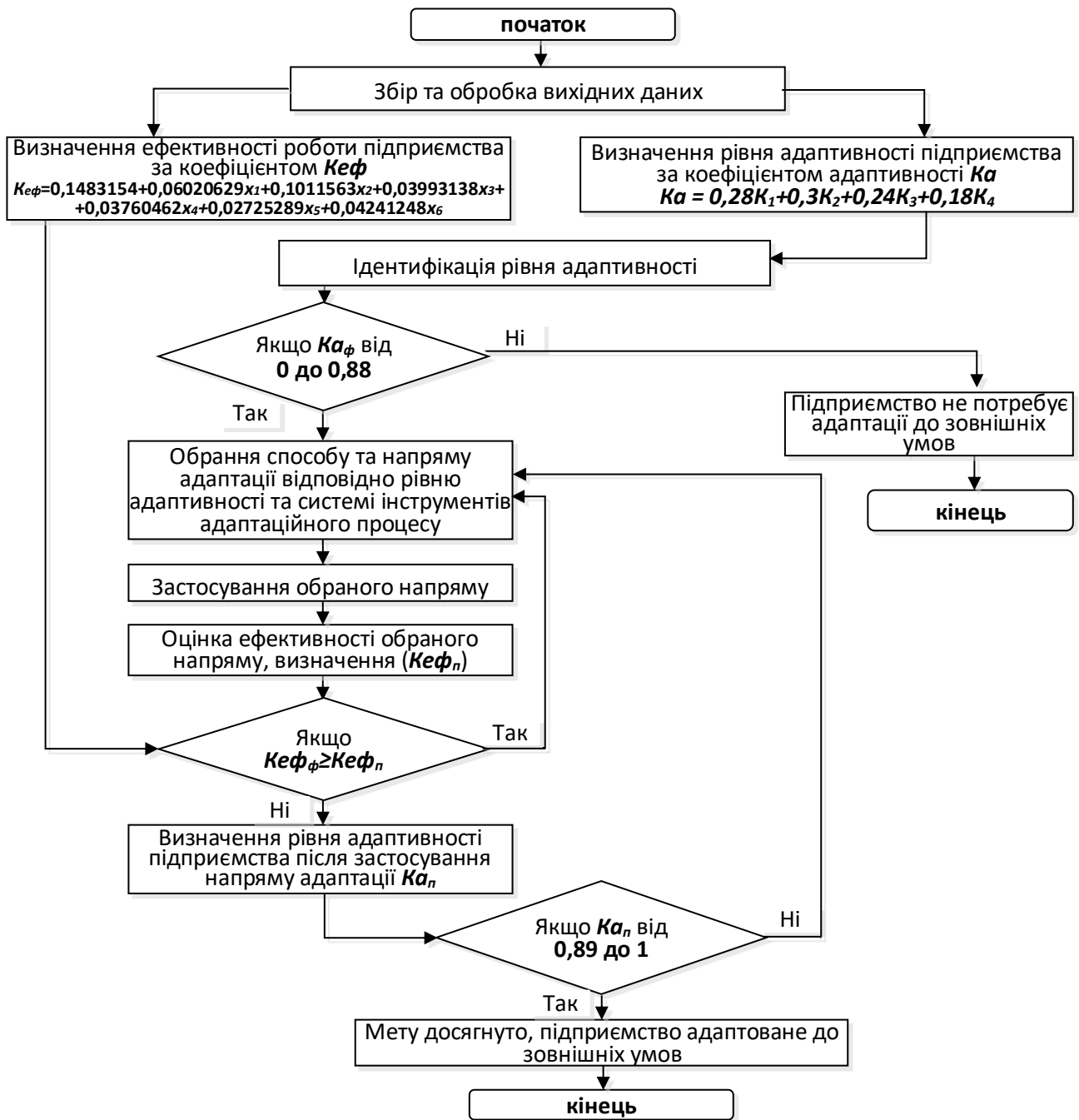


Рисунок 1 – Алгоритм ідентифікації рівня адаптивності суднобудівельно-судноремонтного підприємства та визначення оптимального напрямку процесу адаптації

Запропонований алгоритм містить такі послідовні кроки. На основі оброблених вихідних даних, шляхом застосування запропонованих відповідних інтегральних показників визначається, з одного боку, ефективність роботи досліджуваного підприємства, а, з іншого, рівень його адаптивності.

Низький рівень ефективності роботи підприємства свідчить про необхідність його адаптації. У зв'язку з цим пропонується застосування інтегрального коефіцієнту ефективності

діяльності суднобудівельно-судноремонтного підприємства з наступним набором економічних показників: x_1 – загальна рентабельність основної діяльності; x_2 – рентабельність основних засобів; x_3 – коефіцієнт фондівіддачі; x_4 – коефіцієнт оборотності; x_5 – коефіцієнт придатності основних засобів; x_6 – продуктивність праці.

Вибіркова багатофакторна регресійна модель, що описує зв'язок між інтегральним коефіцієнтом адаптивності та формуючими показниками ефективної діяльності підприємства може бути подана у вигляді:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 + e, \quad (1)$$

де e – випадковий вектор похибки; $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$ – невідомі параметри у багатофакторній регресії, які обчислюються за допомогою методу найменших квадратів, що дозволить мінімізувати вектор похибки.

Вплив кожного показника ефективності діяльності підприємства на коефіцієнт адаптивності характеризується частковими коефіцієнтами регресії. Частковий коефіцієнт регресії показує, на скільки одиниць зміниться значення відповідного показника на одиницю при умові, що значення всіх інших показників залишатимуться постійними.

Не порушуючи загальності, можна вважати, що математичне сподівання випадкового вектора похибки дорівнює 0, а дисперсія є обмеженою. Тоді інтегральний показник адаптивності y є функцією від формуючих його факторів ефективності діяльності підприємства.

Представимо запропоновану модель у матричній формі $Y = XB$, де $Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix}$ – вектор-

стовпець значень залежної змінної y ;

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & x_{31} & x_{41} & x_{51} & x_{61} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & x_{32} & x_{42} & x_{52} & x_{62} \\ 1 & x_{13} & x_{23} & x_{33} & x_{43} & x_{53} & x_{63} \end{pmatrix} \text{ – матриця значень показників ефективної діяльності}$$

підприємства; X^T – матриця, транспонована до матриці X ;

$$B = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \end{pmatrix} \text{ – вектор-стовпець невідомих коефіцієнтів регресії.}$$

Використовуючи дані звітної інформації ефективності діяльності підприємства, маємо розрахунок матриць:

$$X = \begin{pmatrix} 1 & 0,03 & 0,01 & 0,95 & 1,41 & 0,15 & 64,73 \\ 1 & -0,34 & -0,21 & 0,04 & 0,67 & 0,14 & 33,81 \\ 1 & -0,42 & -0,27 & 0,35 & 0,95 & 0,14 & 42,89 \end{pmatrix}.$$

Виконуємо операцію транспонування матриці X^T до матриці X :

$$X^{\circ} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0,03 & -0,34 & -0,42 \\ 0,01 & -0,21 & -0,27 \\ 0,95 & 0,04 & 0,35 \\ 1,41 & 0,67 & 0,95 \\ 0,15 & 0,14 & 0,14 \\ 64,73 & 33,81 & 42,89 \end{pmatrix}.$$

Знаходимо добуток утворених матриць $X^T X$:

$$X^{\circ} \cdot X = \begin{pmatrix} 3 & -0,73 & -0,47 & 1,34 & 3,03 & 0,43 & 141,43 \\ -0,73 & 0,2929 & 0,1851 & -0,1321 & -0,5845 & -0,1019 & -27,5673 \\ -0,47 & 0,1851 & 0,1171 & -0,0934 & -0,3831 & -0,0657 & -18,0331 \\ 1,34 & -0,1321 & -0,0934 & 1,0266 & 1,6988 & 0,1971 & 77,8574 \\ 3,03 & -0,5845 & -0,3831 & 1,6988 & 3,3395 & 0,4383 & 154,6675 \\ 0,43 & -0,1019 & -0,0657 & 0,1971 & 0,4383 & 0,0617 & 20,4475 \\ 141,43 & -27,5673 & -18,0331 & 77,8574 & 154,6675 & 20,4475 & 7172,641 \end{pmatrix}.$$

Проведемо розрахунок оберненої матриці $(X^T X)^{-1}$

$$(X^T \cdot X)^{-1} = \begin{pmatrix} 1,12298 & 3,28752 & 6,25696 & 5,77799 & 9,15529 & 5,70015 & 7,26747 \\ 5,1972 & 2,52072 & 3,86912 & 1,0637 & 1,18037 & 1,07355 & 2,93181 \\ 8,36456 & 3,98187 & 6,1276 & 1,76117 & 1,73504 & 1,77457 & 4,93695 \\ 3,05274 & 6,93536 & 1,05038 & 7,08345 & 1,494 & 7,11159 & 1,874614 \\ 1,64924 & 5,47264 & 8,66007 & 5,88493 & 7,31875 & 5,41965 & 1,6934 \\ 3,02946 & 5,43821 & 8,25349 & 4,14773 & 3,92521 & 5,11808 & 1,22879 \\ 6,28479 & 1,09049 & 1,55576 & 8,30205 & 2,95029 & 9,834714 & 1,85737 \end{pmatrix}.$$

Тоді добуток утворених матриць $X^T Y$ дорівнює

$$X^T \cdot Y = \begin{pmatrix} 0,408017 \\ -0,08891 \\ -0,05744 \\ 0,194913 \\ 0,421689 \\ 0,058708 \\ 19,7025 \end{pmatrix}.$$

Вектор-стовпець невідомих коефіцієнтів регресії B

$$B = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,1483154 \\ 0,06020629 \\ 0,1011563 \\ 0,03993138 \\ 0,03760462 \\ 0,02725289 \\ 0,04241248 \end{pmatrix}.$$

Таким чином, отримана наступна регресійна модель:
 $Ke\phi = 0,1483154 + 0,06020629x_1 + 0,1011563x_2 + 0,03993138x_3 + 0,03760462x_4 + 0,02725289x_5 + 0,04241248x_6$

Перевіримо отриману модель на адекватність. Дисперсія похибки: $\sigma_e^2 = 0,000092$. Незначна величина дисперсії похибки свідчить про те, що побудована нами модель є адекватною емпіричним даним. Спостережуване значення критерію Фішера: $F_{спост} = 321,945$, критичне значення: $F(0,05;7;1) = 236,76$. Отже, з рівнем надійності 95% можна вважати, що побудована модель є адекватною [17].

$$\text{Обчислимо коефіцієнт детермінації } R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}; R^2 = 0,8765846.$$

Отже, варіація показників ефективності діяльності підприємства пояснює 87,65% варіації коефіцієнта адаптивності. Крім того, дана модель може бути використана для прогнозування (практично достовірний прогноз можна отримати за допомогою моделі, коефіцієнт детермінації якої не менше 0,75).

Для визначення інтегрального показника адаптивності було розроблено систему аналітичних показників, які сформовано в чотири групи: адаптивність потенціалу підприємства, адаптивність управлінського персоналу, оцінка ефективності діяльності підприємства, оцінка фінансового стану (рис. 2).



Рисунок 2 – Складові інтегрального коефіцієнта адаптивності суднобудівельно-судноремонтного підприємства

Обробка даних проводилася на основі методичного підходу, який включає експертну оцінку та обчислення інтегральних коефіцієнтів в кожній групі за аналітичними показниками, узагальнення коефіцієнта адаптивності з урахуванням впливу окремих груп показників та розробку шкали адаптивності.

Для визначення основних факторів, що впливають на формування інтегрального показника адаптації використовувалися методи зниження розмірності багатовимірною простору [5].

У загальному вигляді схема проведення дослідження наведена на рис. 3. З метою визначення вагомості показників в кожній групі було застосовано методи компонентного аналізу характеристик варіаційних рядів результатів опитування експертів. Під час порівняння варіації різних ознак в одній сукупності з різною середньою величиною використаємо відносні показники варіації – коефіцієнти варіації. Отримані результати наведено в таблиці 1.

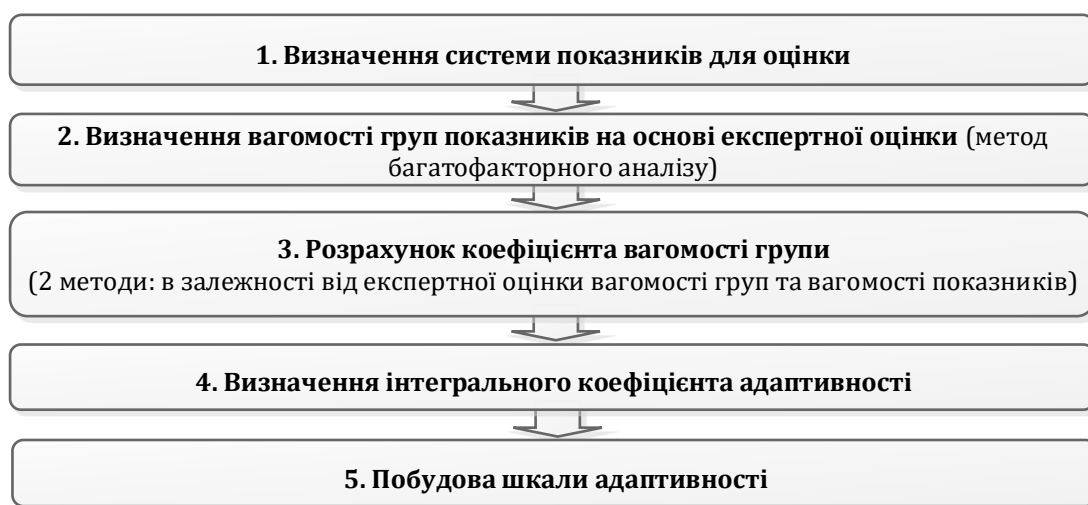


Рисунок 3 – Послідовність визначення інтегрального коефіцієнта адаптивності

Таблиця 1

Коефіцієнти варіації показників X_{ij} , %

$\begin{matrix} j \\ i \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7
1	25,85	14,96	13,34	15,41	30,44	-	-
2	25,60	10,30	11,77	12,51	12,51	15,55	11,76
3	24,98	13,17	13,76	12,99	13,73	21,77	-
4	16,57	15,65	14,65	13,27	12,68	11,49	15,68

X_{ij} є відносною величиною, яка характеризує вагомість кожного показника у групі, він приймає значення від 0 до 1 (від 0 до 100%), (i – група, j – показник).

Для показників, що характеризують адаптивність потенціалу підприємства, отримано наступні результати: $x_{11}=0,2585$, $x_{12}=0,1496$, $x_{13}=0,1334$, $x_{14}=0,1541$, $x_{15}=0,3044$.

Отриманий результат разом з результатами застосування методу компонентного аналізу дозволяє зробити висновок, що при формуванні інтегрального показника першої групи (K_1) достатньо враховувати зазначені п'ять показників, причому найбільш вагомими з них є два: x_{11} – коефіцієнт використання виробничих потужностей і x_{14} – коефіцієнт адаптивності технологічних процесів до інших видів діяльності ($x_{11}+x_{14}=25,85+30,44=56,29$).

Для другої групи (K_2) вагомими показниками є: x_{21} – ефективність управління і x_{26} – рівень компетентності, що в сумі становлять майже 42% питомої ваги групи адаптивності управлінського персоналу.

Вагомими показниками для коефіцієнта третьої групи (K_3), що характеризує ефективність діяльності підприємства, виявились x_{31} – показник загальної рентабельності та x_{36} – показник продуктивності праці. Загальна вага цих показників, у межах коефіцієнта адаптивності підприємства, становить 47%. Інші показники є рівноважними для визначення оцінки ефективності діяльності підприємства і становлять в середньому 13%.

При формуванні узагальнюючого коефіцієнта четвертої групи (K_4) – оцінки фінансового стану, всі показники є рівнозначними і складають у середньому питому вагу коефіцієнта групи близько 13%. Хоча слід звернути увагу на показник абсолютної ліквідності – x_{41} , що становить 16% вагомості коефіцієнта, а показники $x_{42} \approx x_{47}$ і в сумі складають близько 32%.

Достовірність отриманих результатів оцінюємо за критерієм Пірсона χ^2 , який дозволяє визначити узгодженість думок експертів про вплив коефіцієнтів вагомості показників на величину результатного показника – коефіцієнта адаптивності. Цей метод базується на обчисленні коефіцієнта конкордації:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^k \Delta_i^2}{m^2(k^3 - k) - m \sum_{i=1}^m T_i}, \quad (2)$$

де k – кількість показників; m – кількість експертів;

$$T_i = \sum_{t_i} (t_i^3 - t_i), \quad (3)$$

де t_i – кількість однакових оцінок в i -му показнику; $\sum_{i=1}^k \Delta_i^2$ – сума квадратів відхилень суми варіаційних коефіцієнтів показників вагомості кожного експерта від загальної середньої суми.

$$\sum_{j=1}^k \Delta_j^2 = \sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^m d_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m d_{ij}}{k} \right)^2, \quad (4)$$

де d_{ij} – величина j -го показника по оцінці i -го експерта.

Визначимо узгодженість експертної оцінки для кожної групи показників. Тоді загальна середня сума:

$$\frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m d_{ij}}{k} = \frac{2695}{25} = 107,8; \quad \sum_{j=1}^k \Delta_j^2 = 92,84; \quad \sum_{i=1}^m T_i = 48.$$

Спостережуване значення критерію: $\chi^2 = 27 \cdot (25-1) \cdot 0,098 = 63,5$.

Критичне значення: $\chi^2(0,05; 5) = 11,07$. Оскільки спостережуване значення більше критичного, то з ймовірністю 0,95 можна вважати отриману експертну оцінку узгодженою.

За отриманими оцінками проведеного спостереження обчислено коефіцієнти адаптивності потенціалу підприємства, адаптивності управлінського персоналу, оцінки ефективності діяльності підприємства і оцінки фінансового стану

$$K_1 = \sqrt[5]{\prod_{j=1}^5 X_{1j}} = 0,1891; \quad K_2 = \sqrt[7]{\prod_{j=1}^7 X_{2j}} = 0,1366; \quad K_3 = \sqrt[6]{\prod_{j=1}^6 X_{3j}} = 0,1605; \quad K_4 = \sqrt[7]{\prod_{j=1}^7 X_{4j}} = 0,1418.$$

За результатами проведених розрахунків визначимо групові коефіцієнти вагомості за формулою:

$$K_1 = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^4 k_i}, \quad (5)$$

де k_i – варіаційні коефіцієнти i -ої групи; K_i – коефіцієнт вагомості i -ої групи.

Тоді $K_1 = 0,30$, $K_2 = 0,23$, $K_3 = 0,26$, $K_4 = 0,21$. Для розрахунку формули інтегрального коефіцієнта адаптивності визначимо вагомості коефіцієнтів груп безпосередньо за оцінкою експертів. (табл. 2).

Таблиця 2

Вагомість груп за рейтинговою оцінкою

Група	Експертний рейтинг, %																								
										0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5
1	0	5	0	0	0	0	5	5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	5	0	5	0	0	5	0
2	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0	5	0	2	8	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	5
3	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	5	5	0	5	0	0	5	0	5	0	5	0	0	0	0
4	0	0	0	5	0	5	0	0	5	5	5	5	8	2	0	0	0		5	0	0	0	0	0	5

Застосувавши схему розрахунку вагомості коефіцієнтів, отримаємо $K_1=0,28$, $K_2=0,29$, $K_3 = 0,23$, $K_4=0,20$.

З метою отримання більш точної формули для визначення інтегрального коефіцієнта адаптації, в якій буде враховано вплив кожної складової на його величину, застосуємо методи факторного аналізу.

Визначимо вплив показників адаптації в кожній з груп на узагальнений коефіцієнт адаптивності. Оскільки для його обчислення використовується мультиплікативна модель виду $f=xyzq$, застосуємо інтегральний метод факторного аналізу, який базується на сумуванні приростів функції, визначеної як частинна похідна помножена на приріст аргументу на нескінченно малих проміжках.

Структура факторної системи має вигляд

$$\Delta f = x_1 y_1 z_1 q_1 - x_0 y_0 z_0 q_0 = A_x + A_y + A_z + A_q. \quad (6)$$

Побудуємо підінтегральні вирази, які виражають інтегральні коефіцієнти вагомості відповідних груп показників

$$A_x = \int_0^{\Delta x} y'_x z'_x q'_x = \frac{1}{6} \Delta x \{3q_0 y_0 z_0 + y_1 q_0 (z_1 + \Delta z) + q_1 z_0 (y_1 + \Delta y) + z_1 y_0 (q_1 + \Delta q)\} + \frac{1}{4} \Delta x \Delta y \Delta z \Delta q; \quad (7)$$

$$A_y = \int_0^{\Delta x} x'_y z'_y q'_y = \frac{1}{6} \Delta y \{3q_0 x_0 z_0 + x_1 q_0 (z_1 + \Delta z) + q_1 z_0 (x_1 + \Delta x) + z_1 x_0 (q_1 + \Delta q)\} + \frac{1}{4} \Delta x \Delta y \Delta z \Delta q; \quad (8)$$

$$A_z = \int_0^{\Delta x} x'_z y'_z q'_z = \frac{1}{6} \Delta z \{3q_0 x_0 y_0 + q_1 x_0 (y_1 + \Delta y) + y_1 q_0 (y_1 + \Delta y) + x_1 y_0 (q_1 + \Delta q)\} + \frac{1}{4} \Delta x \Delta y \Delta z \Delta q; \quad (9)$$

$$A_q = \int_0^{\Delta x} x'_q y'_q z'_q = \frac{1}{6} \Delta q \{3x_0 y_0 z_0 + z_1 x_0 (y_1 + \Delta y) + y_1 z_0 (x_1 + \Delta x) + x_1 y_0 (z_1 + \Delta z)\} + \frac{1}{4} \Delta x \Delta y \Delta z \Delta q, \quad (10)$$

де $x_i = \sqrt[4]{K_1^{(i)}}$; $y_i = \sqrt[4]{K_2^{(i)}}$; $z_i = \sqrt[4]{K_3^{(i)}}$; $q_i = \sqrt[4]{K_4^{(i)}}$.

Для обчислення впливу інтегральних коефіцієнтів вагомості груп були використані дані, отримані при проведенні двох досліджень. Результати подані в таблиці 3.

Дані, отримані при проведенні досліджень

Усереднені коефіцієнти вагомості	x_1	y_1	z_1	q_1	x_0	y_0	z_0	q_0
Значення	0,82	0,94	0,91	0,96	0,79	0,87	0,93	0,92

$$\Delta f = 02463144 - 0,16217216 = 0,0851317;$$

$$A_x = 0,023484; A_y = 0,025539; A_z = 0,020432; A_q = 0,015324;$$

$$a_1 = \frac{A_x}{\Delta f} = 0,28; a_2 = \frac{A_y}{\Delta f} = 0,3; a_3 = \frac{A_z}{\Delta f} = 0,24; a_4 = \frac{A_q}{\Delta f} = 0,18.$$

Отже, на інтегральний коефіцієнт адаптивності впливають: коефіцієнт адаптивності потенціалу підприємства на 28%; коефіцієнт адаптивності управлінського персоналу на 30%; коефіцієнт оцінки ефективності діяльності підприємства на 24%; коефіцієнт оцінки фінансового стану на 18%.

Тоді формула для визначення величини інтегрального коефіцієнта буде мати наступний вигляд:

$$Ka = 0,28K_1 + 0,3K_2 + 0,24K_3 + 0,18K_4. \quad (11)$$

Після розрахунку коефіцієнта адаптивності необхідно ідентифікувати його рівень за шкалою для оцінки його величини.

Для визначення шкали оцінки інтегрального коефіцієнта адаптивності застосуємо дисперсійний аналіз альтернативної та номінальних ознак та визначимо середнє квадратичне відхилення альтернативного ряду розподілу інтегральних коефіцієнтів вагомості груп.

Кількісна варіація виражається двома номінальними значеннями: наявності впливу на коефіцієнт адаптивності, який приймаємо за 1, і його відсутності, який позначаємо як 0.

Тоді p - частка одиниць інтегральних коефіцієнтів вагомості груп, що обчислюємо за формулою та отримуємо максимально критичне значення шкали адаптивності

$$p = \sqrt[4]{a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot a_4}, \quad (12)$$

де $a_i, i=\overline{1,4}$ – інтегральні коефіцієнти вагомості груп.

Відповідно

$$q = 1 - p. \quad (13)$$

Середнє квадратичне відхилення інтегральних коефіцієнтів вагомості від номінального значення розраховується за формулою:

$$\sigma = \sqrt{pq}. \quad (14)$$

Проведені розрахунки формують результат:

$$p = \sqrt[4]{0,28 \cdot 0,3 \cdot 0,24 \cdot 0,18} = 0,24, \text{ тоді } q = 1 - 0,24 = 0,76.$$

Отже, $\sigma = \sqrt{0,24 \cdot 0,76} = 0,42$.

Отриманий результат середнього квадратичного відхилення інтегральних коефіцієнтів вагомості дає можливість визначити довжину інтервалу достатнього рівня адаптивності підприємства, що становить 0,42.

Скориставшись правилом 3σ побудуємо шкалу в одиницях часток стандартного відхилення, встановивши розмір інтервалу $\frac{1}{2}\sigma$ та отримаємо довжину інтервалу наступного рівня (низького). Тоді інтервал в шкалі адаптивності підприємства, визначається як $2 \cdot \frac{1}{2}\sigma = \sigma = 0,42$ що становить різницю між верхніми межами низького та достатнього рівнів, а різниця між нижньою межею низького рівня і верхньою межею достатнього рівня повинна становити $3 \cdot \frac{1}{2}\sigma = \frac{3}{2}\sigma = 0,63$.

Таким чином, спираючись на достовірність експертної оцінки та розрахунки інтегральних коефіцієнтів вагомості груп формуємо шкалу для оцінки величини інтегрального коефіцієнта адаптивності (табл. 4).

Таблиця 4

Шкала рівня адаптивності підприємства

<i>Значення K_a</i>	<i>Рівень адаптивності</i>
0-0,24	критичний рівень адаптивності
0,25-0,46	низький рівень адаптивності
0,47-0,88	достатній рівень адаптивності
0,69-1	високий рівень адаптивності

Отримане за допомогою запропонованих формул значення інтегрального коефіцієнта адаптивності має наступні властивості: воно може змінюватись від 0 до 1 (або від 0 до 100%); із зростанням значення кожного формуючого фактора інтегральний коефіцієнт адаптивності зростає пропорційно значимості коефіцієнта вагомості групи.

Розрахувавши цей коефіцієнт для окремо обраного підприємства та скориставшись розробленою шкалою, визначаємо рівень його адаптивності, як критичний, низький, достатній чи високий.

Наступним є крок обрання напряму адаптації відповідно до значення розрахованого коефіцієнту адаптивності. Оскільки чисельні напрями адаптації потребують різного роду ресурсних видатків в їхній реалізації, застосування будь-якого напрямку для підприємства з низьким рівнем адаптивності не буде можливим. Йому потрібно буде обрати той напрям, який співпадатиме з його потенційними можливостями. Варіантів вибору напрямку може бути декілька, але якщо розглядати суднобудівельно-судноремонтні підприємства, то з точки зору їхньої основної функції - виробництво та ремонт, звичайно, визначальною є виробнича складова, яка власне і є підґрунтям для функціонування всіх інших компонент - фінансової, інвестиційної та управлінської. Тому продовження основної діяльності з ефективним використанням виробничих потужностей та технологічних процесів є пріоритетним.

Обрати дієвий напрям адаптації можливо за допомогою системи інструментів адаптаційного процесу, що наведена в таблиці 5.

Оскільки обраний напрям адаптації повинен дати позитивний результат, необхідно провести його оцінку, враховуючи те, що метою будь-якого підприємства є ефективне його функціонування, фінансова стійкість та одержання прибутків, тому реалізація напрямку адаптації повинна задовольняти прагнення підприємства дістати запланованого результату. В зв'язку з цим, оцінити ефект впровадження відповідного напрямку можливо за допомогою запропонованого інтегрального показника ефективності.

Система інструментів адаптаційного процесу

Способи адаптації	Напрями адаптації	Рівень адаптивності підприємства		
		Критичний	Низький	Достатній
		Значення інтегрального показника Кад		
		0 - 0,24	0,25 - 0,46	0,47 – 0,88
Економічний	Впровадження бюджетування та контролінгу			
	Інвестування в розвиток підприємства			
	Коригування цінової політики			
	Скорочення витрат виробництва			
	Підвищення ефек-сті використання ресурсів			
	Використання державних субсидій і дотацій			
Соціально-психологічний	Розробка і реалізація програми адаптації персоналу			
	Встановлення партнерських відносин керівництва та персоналу			
	Навчання і професійна підготовка			
	Мотивація праці			
	Розвиток культури менеджменту			
Організаційно – адміністративний	Реінжиніринг бізнес-процесів			
	Реструктуризація			
	Реорганізація			
	Санація			
	Аутсорсинг			
	Аутстафінг			
	Створення інтегрованих структур			
	Створення інформаційної інфраструктури			
	Оренда			
	Диверсифікація виробництва			
	ДПП – концесія			
	ДПП – нові форми організації			
	Приватизація (для державних підприємств)			
	Входження в кластер			
Виробничо-технічний	Перепрофілювання виробництва			
	Розширення основних засобів			
	Розробка та реалізація програм техніко-технологічного оновлення			
	Впровадження нових матеріалів і технологій			
	Активне проведення НДР і ДКР			



Рекомендується для використання



Можливості для використання обмежені



Можливостей для використання немає

Після оцінки ефективності впровадженого напрямку адаптації здійснюється вдруге розрахунок коефіцієнта адаптивності, і в тому разі, коли він досягає значення від 0,89 до 1 за запропонованою шкалою, підприємство можна вважати адаптованим до сучасних зовнішніх умов. Якщо рівень коефіцієнта адаптивності нижче, ніж 0,89, то у суднобудівельно-судноремонтного підприємства є можливість застосування іншого напрямку адаптації. Цей процес може повторюватися доти, доки підприємство не досягне бажаного рівня адаптивності.

Отже, застосування алгоритму визначення оптимального напрямку адаптації суднобудівельно-судноремонтного підприємства дає можливість суттєво полегшити процес обрання стратегії його подальшого функціонування для підвищення ефективності своєї роботи.

Висновки. Таким чином, запропонований методичний підхід дає можливість визначення адаптивності суднобудівельно-судноремонтного підприємства за допомогою інтегрального коефіцієнту, рівень якого дозволить зробити подальший вибір раціонального напрямку адаптації, доцільність та ефективність впровадження якого оцінюється коефіцієнтом ефективності. Розроблений алгоритм є ефективним інструментом, який допоможе прийняти вірне рішення для подальшого розвитку підприємства, а також якісно управляти його діяльністю у мінливому внутрішньому та зовнішньому ринковому середовищі. Своєчасне застосування адаптаційних процесів на підприємстві дозволить підвищити ефективність його роботи.

На основі запропонованого алгоритму буде сформований механізм адаптації підприємств транспортної галузі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аистова М. Д. Реструктуризация предприятий: вопросы управления. Стратегии, координация структурных параметров, снижение сопротивления преобразованиям – М.: Альпина Пабlishер, 2002. – 287 с.
2. Белошапка В. А. На пути к эффективному менеджменту: живая модель управленческой результативности: Монографія. – К.: Агентство «Стандарт», 2005. – 198 с.
3. Власенко О. С. Теоретико-методологические основы оценки и оптимизации человеческого капитала на морском транспорте // Развитие методов управления и хозяйствования на транспорте. – 2010. – № 32. – С. 56–75.
4. Довгань Л. Є., Малик І. П. Інституціональне середовище в процесі змін // Materials of final international scientifically-practical conference “The Science: theory and practice”. Vol. 5. Economic sciences. – Praha.: Publishing House “Education and Science” s.r.o.; Prague, Czechia – Dnepropetrovsk, Ukraine – Belgorod, Russian. – 2005. – P. 27–29.
5. Калинина В. Н., Соловьев В. И. Введение в многомерный статистический анализ: Учебное пособие. – М.: ГУУ, 2003. – 92 с.
6. Кіндрацька Г. І. Впровадження системи стратегічного менеджменту: прагматичний підхід// Вісник ДУ “Львівська політехніка”. – 2000. – С. 163-169.
7. Кувалин Д. Б. Анализ взаимосвязей экономической политики государства и поведения предприятий в условиях кризисов шокового типа: автор. дисс. на соискание уч. степени док. экон. наук: 08.00.05. – М.: УРАН Центральный экономико-математический институт РАН, 2010. – 43 с.
8. Куденко Н. В. Маркетингові стратегії фірми: Монографія – К.: КНЕУ, 2002. – 245 с.
9. Маевский В. Экономическая эволюция и экономическая генетика // Вопросы экономики. – 1994. – №5. – С.4-20.
10. Мау В. А. Кризисы и уроки. Экономика России в эпоху турбулентности. Научное издание. – М.: Изд-во Института Гайдара, 2016. – 488 с.
11. Мескон М., Альберт М., Хедоурі Ф. Основы менеджменту / Пер. с англ. – М.: Дело, 1997. – 704 с.

12. Портер Е. Майкл. Конкурентная стратегия: Методики анализа отраслей и конкурентов / Пер. с англ., 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 454с.
13. Слепцова Н. С. Модель адаптации промышленного предприятия в рыночной среде // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2005. – № 8. – С. 104-106.
14. Хайман Д. Н. Современная микроэкономика: анализ и применение. В 2-х т. Т.2. Пер. с англ. – М.: “Финансы и статистика”, 1992. – 362 с.
15. Эбелинг В., Энгель А., Файстель Р. Физика процессов эволюции. Синергетический поход. – М.: Едиториал УРСС, 2001. – 328 с.
16. Экономика морского транспорта: Учебник / Жихарева В. В., Котлубай А. М., Кибик О. Н. и др. – Харьков: «БУРУН КНИГА», 2012. – 480 с.
17. Hartley Н.О. The maximum F-ratio as a short-cut test of heterogeneity of variance // Biometrika. – 1950. – V.37. – P. 308-312.

Ковбатюк М.В., Беник Н.Г.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО НАПРАВЛЕНИЯ АДАПТАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЬНО-СУДОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В современных условиях функционирования такое свойство предприятий как адаптивность, должна быть усилена механизмами и инструментами управления. Это требует разработки соответствующих методических подходов и обоснование объективных показателей уровня адаптивности для определения параметров данного процесса.

В статье проведено исследование с целью определения оптимального направления адаптации судостроительно-судоремонтных предприятий водного транспорта на основе интегрального коэффициента адаптивности предприятия, применение которого возможно в рамках алгоритма идентификации уровня адаптивности предприятия и определения рационального направления адаптации.

Ключевые слова: адаптация предприятия, направление адаптации, коэффициент адаптивности, алгоритм, судостроительно-судоремонтные предприятия.

Kovbatyuk M., Benyk N.

DETERMINATION OF OPTIMAL WAY FOR ADAPTATION OF SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR ENTERPRISES

Such property of enterprises as adaptability, should be strengthened by mechanisms and tools of management. This requires the development of appropriate methodological approaches and the justification of objective indicators of the level of adaptability to determine the parameters of this process.

At the present paper the research has been made to determine the optimal direction for adaptation of shipbuilding and ship repair enterprises of water transport through the integral factor of adaptability of the enterprise. Application of this factor can be carried out under the proposed identification algorithm of adaptability of enterprises and determination of sustainable adaptation direction.

Keywords: adaptation of enterprises, adaptation direction, adaptability factor, algorithm, shipbuilding and ship repair enterprises.

Малишкін О. І.

ПЛАНИ РАХУНКІВ ПІДПРИЄМСТВ ЄВРОПЕЙСЬКИХ КРАЇН У КОНТЕКСТІ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ І ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ

У статті стверджується, що аналіз досвіду окремих європейських країн з метою адаптації української практики обліку і звітності до європейської моделі бухгалтерського обліку є дуже важливим.

Тому метою статті є завдання дослідити практику побуди планів рахунків різних європейських країн, порівняти з аналогом в Україні і зробити висновки про ступінь сумісності українського й європейських моделей планів рахунків на рівні синтетичних рахунків. Це дозволить з'ясувати ступінь відповідності вітчизняної системи рахунків міжнародним зразкам.

У статті розглянуто в порівнянні плани рахунків компаній країн Євросоюзу (Польща, Німеччина, Франція) з аналогічною конструкцією плану рахунків бухгалтерського обліку підприємств України. Визначено особливості їх побудови і спільні аспекти. Чинний план рахунків підприємств України є таким, що значною мірою відповідає європейській континентальній моделі бухгалтерського обліку.

Ключові слова: євроінтеграція, бухгалтерський облік, план рахунків, модель обліку, Директиви ЄС.

Постановка проблеми. План рахунків бухгалтерського обліку є важливим елементом організації обліку і звітності в бюджетній організації та на підприємстві будь-якої країни. Якщо в англо-американській моделі бухгалтерського обліку план рахунків не є предметом державного регулювання, то в більшості країн континентальної Європи, які засовують континентальну модель бухгалтерського обліку, план піддається державному регулюванню. Проте рівень такого регулювання не є однаковим для кожної з країн ЄС. Він залежить від багатьох факторів: історії країни, політичної системи, облікових традицій. За таких умов важливим є аналіз досвіду окремих європейських країн з метою адаптації української практики обліку і звітності до європейської моделі бухгалтерського обліку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аспекти удосконалення фінансової звітності підприємств України в контексті євроінтеграції досліджували вітчизняні експерти: С. Голов, С. Зубілевич, О. Малишкін А. Озеран та інші. Бухгалтерський облік у зарубіжних, у тому числі й європейських країнах, досліджували Ф. Бутинець, М. Лучко, І. Бенько та інші. Проте, питання побудови планів рахунків державного та недержавного секторів економіки при порівнянні української та європейських моделей практично не досліджені. Європейські автори практично не звертаються до досвіду України в аспектах обліку і звітності. В основному їхні праці присвячені аналізу міжнародного та європейського досвіду і адаптації Міжнародних стандартів фінансової звітності [1, 2].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Нагальною проблемою виявляється знаходження аналогій та відмінностей як у побудові структури планів рахунків різних країн, так і змісті його розділів – класів, груп.

Мета статті – дослідити практику побуди планів рахунків різних європейських країн, порівняти з аналогом в Україні і зробити висновки про ступінь сумісності українського й європейських моделей планів рахунків на рівні синтетичних рахунків. Це дозволить з'ясувати ступінь відповідності вітчизняної системи рахунків міжнародним (європейським) зразкам.

Виклад основного матеріалу. Аналіз показує, що урядові структури ЄС не переймаються питанням планів рахунків бюджетних (державних) організації і підприємств (компаній) взагалі, цим опікуються урядові структури країни-члена або безпосередньо самі підприємства (компанії). Коли план рахунків затверджується у централізованому порядку, його називають типовим. Такий підхід є характерним для бюджетних організацій у більшості країн ЄС, як наприклад, у Польщі, Латвії, Литві, Естонії. Загальні питання організації і методики бухгалтерського обліку у більшості країн ЄС розв'язуються національним законом про бухгалтерського облік. Зокрема, такий закон існує і в Республіці Польща з 1994 року [3].

У Польщі діє лише один типовий (у нашому розумінні) план рахунків - для бюджетних і комунальних організацій (Plan kont dla jednostek budżetowych i samorządowych zakładów budżetowych). План затверджено Мініфіном Польщі і міститься у додатку до методичних рекомендацій з бухгалтерського обліку № 8 (224) від 20.04. 2008 року [4].

Порівняно з аналогічним планом рахунків державного сектора (бюджетних установ) України станом на 31.12.2016 р. польський план має такий вигляд (табл. 1).

Таблиця 1

**Співставлення аналогічних класів (груп) рахунків організацій державного сектора
Польщі і України**

Польща (для бюджетних установ і самостійних бюджетних установ, дод. 3 до наказу Мініфіну Польщі від 05.07.2010 р.)	Україна (наказ Мініфіну України від 31.12.2013 № 1203 зі змінами від 23.12.2016 № 1135 р.)
Група 0 Довготривалі активи (Majątek trwały)	Клас 1. Нефінансові активи
Група 1 Грошові кошти та банківські рахунки (Środki pieniężne i rachunki bankowe)	Клас 2. Фінансові активи Клас 3. Кошти бюджетів та розпорядників бюджетних коштів
Група 2 Розрахунки і врегулювання (Rozrachunki i rozliczenia)	Клас 4. Розрахунки Клас 6. Зобов'язання
Група 3 Матеріали і товари (Materiały i towary)	-
Група 4 Витрати за видами і їх врегулювання (Koszty według rodzajów i ich rozliczenie)	Клас 8. Витрати на виконання бюджетних програм
Група 5 Витрати за типами діяльності та їх врегулювання (Koszty według typów działalności i ich rozliczenie)	
Група 6 Продукція (Produkty)	-
Група 7 Дохід та витрати (Przychody, dochody i koszty)	Клас 7. Доходи
Група 8 Фонди, резерви і фінансові результати (Fundusze, rezerwy i wynik finansowy)	Клас 5. Капітал та фінансовий результат
Позабалансові рахунки: 970-998	Клас 9. Позабалансові та управлінські рахунки бюджетів та державних цільових фондів Клас 0. Позабалансові рахунки розпорядників бюджетних коштів та державних цільових фондів

В цілому між класами рахунків українського і польського варіантів організацій державного сектора достатньо багато спільного. З таблиці 1 видно, що в Україні і в Польщі помітна тенденція до уніфікації класів рахунків для державного сектора. Як і український,

так і польський бюджетний план налічує по 9 класів балансових рахунків і клас позабалансових рахунків. Разом з тим помітні відмінності. По перше, польський план був прийнятий на 3 роки раніше від українського. По друге, в польському плані важливими є розділи 3 і 6 (для обліку матеріалів, продукції, товарів), які відсутні в українському аналозі. По-третє, в першому більш детально приписано рахунки витрат установи (класи 5 і 7), що свідчить про увагу до витратної частини бюджетів в Польщі.

Підприємству комерційного сектору закон про бухгалтерський облік Польщі надає право мати власний план рахунків. Польські експерти зазначають, що значна частина приватного сектору економіки надає перевагу промисловому плану рахунків [1, 2]. Фрагмент такого плану рахунків підприємства Польщі має такий вигляд (табл. 2).

Таблиця 2

Фрагмент плану рахунків підприємства Польщі (комерційний сектор)

Wykaz kont (приклад рахунку)			Nazwa konta (назва рахунку)
mini- malny (мінімальний)	podsta- wowy (основний)	rozsze- rzony (деталізований)	
Zespół 0 - Aktywa trwałe (група 0 - Довгострові активи)			
01	01		Środki trwałe (довгострокові об’єкти)
		01-1	Grunty (земля)
		01-2	Budynki, lokale i obiekty inżynierii lądowej i wodnej (будинки і інженерні об’єкти)
		01-3	Urządzenia techniczne i maszyny (обладнання технічне і машини)
		01-4	Środki transportu (транспортні засоби)
		01-5	Inne środki trwałe (w tym inwentarz żywy zaliczany do środków trwałych) (інші об’єкти)
02	02-0		Wartości niematerialne i prawne (правові нематеріальні активи)
		02-1	Koszty zakończonych prac rozwojowych (витрати на завершені науково-дослідні роботи)
		02-2	Wartość firmy (вартість фірми)
		02-3	Inne wartości niematerialne i prawne (інші нематеріальні активи)

З метою розширення бази аналізу досвіду європейських країн, проведемо порівняння планів рахунків комерційних підприємств Польщі і України з німецькою моделлю. У хронологічному порядку побудова планів має наступний вигляд (табл. 3).

Слід зазначити, що план рахунків в Німеччині традиційно відносився до системи нормативного (законодавчого) регулювання бухгалтерського обліку і фінансової звітності. Загальні облікові принципи і стандарти в Німеччині були затверджені Законом про акціонерні товариства ще у 1937 р. Вони були прийняті у зв'язку з банкрутством низки підприємств у період 1920-1930-х рр. і централізацією державного управління. У тому ж році був прийнятий єдиний план рахунків бухгалтерського обліку підприємств, який з певними змінами застосовують до сьогодні. Нині в Німеччині законодавчо не встановлено єдиного

обов'язкового плану рахунків, проте є декілька рекомендованих міністерством економіки планів (Kontenrahmen) для окремих галузей економіки (промисловості, інших галузей).

В сучасних умовах загальне регулювання обліку в Німеччині здійснюється на підставі Комерційного (торговельного) кодексу (німецькою – HGB), в якому введені вимоги до бухгалтерського обліку підприємств. При веденні бухгалтерського обліку компанії враховуються також вимоги податкових законів – про податок з обороту, про прибутковий податок з громадян, про податок на прибуток корпорації.

Таблиця 3

**Порівняння планів рахунків комерційних підприємств Німеччини, Польщі і Україні
станом на 31.12.2016 р. (хронологічний порядок)**

Німеччина (промисловий план) [6]	Польща (промисловий план) [4]	Україна [5]
Клас 0 Нематеріальні та матеріальні вкладення (Immaterielle und materielle anlagen)	Група 0 Довготривалі активи (Majątek trwały)	Клас 1. Необоротні активи
Клас 1 Фінансові вкладення (Finanzanlagen)	Група 1 Грошові кошти та банківські рахунки (Środki pieniężne i rachunki bankowe)	Клас 2. Запаси
Клас 2 Оборотний капітал і витрати майбутніх періодів (Umlaufvermögen und Aktive Rechnungsabgrenzung)	Група 2 Розрахунки і врегулювання (Rozrachunki i rozliczenia)	Клас 3. Кошти, розрахунки та інші активи
Клас 3 Капітал і резерви (Eigenkapital und Rückstell)	Група 3 Матеріали і товари (Materiały i towary)	Клас 4. Власний капітал
Клас 4 Кредитори і доходи майбутніх періодів (Verbindlichkeiten und passive Rechnungsabgrenzung)	Група 4 Витрати за видами і їх врегулювання (Koszty według rodzajów i ich rozliczenie)	Клас 5. Довгострокові зобов'язання
Клас 5 Доходи (Erträge)	Група 5 Витрати за типами діяльності та їх регулювання (Koszty według typów działalności i ich rozliczenie)	Клас 6. Поточні зобов'язання
Клас 6 Операційні (виробничі) витрати (Betriebliche Aufwendungen)	Група 6 Продукція (Produkty)	Клас 7. Доходи
Клас 7 Додаткові (подальші) витрати (Weitere Aufwendungen)	Група 7 Дохід та витрати (Przychody, dochody i koszty)	Клас 8. Витрати за елементами
Клас 8 Результати діяльності (Ergebnisrechnungen)	Група 8 Фонди, резерви і фінансові результати (Fundusze, rezerwy i wynik finansowy)	Клас 9. Витрати діяльності
Клас 9 Витрати і послуги (Kosten und Leistungen)	-	-

Як вбачається з таблиці 3, по жодній позиції (класам) між аналогічними планами трьох різних країн немає співпадіння. Це свідчить про ізольовані розробки міністерств (відомств)

цих країн щодо структури планів. Одночасно корисно співставити зазначені плани рахунків підприємств Німеччини, Польщі і України у систематичному порядку (табл. 4).

Таблиця 4

Порівняння планів рахунків комерційних підприємств Німеччини, Польщі і України станом на 31.12.2016 р. (систематизація по класах рахунків)

Німеччина [6]	Польща [4]	Україна [5]
Активи		
Клас 0 Нематеріальні та матеріальні вкладення (Immaterielle und materielle anlagen)	Група 0 Довготривалі активи (Majątek trwały)	Клас 1. Необоротні активи
Клас 1 Фінансові вкладення (Finanzanlagen)	Група 0 Довготривалі активи (Majątek trwały) Група 1 Грошові кошти та банківські рахунки (Środki pieniężne i rachunki bankowe)	Клас 1. Необоротні активи
Клас 2 Оборотний капітал і витрати майбутніх періодів (Umlaufvermögen und Aktive Rechnungsabgrenzung)	Група 2 Розрахунки і врегулювання (Rozrachunki i rozliczenia) Група 3 Матеріали і товари (Materiały i towary)	Клас 2. Запаси Клас 3. Кошти, розрахунки та інші активи
Пасиви		
Клас 3 Капітал і резерви (Eigenkapital und Rückstell)	Група 8 Фонди, резерви і фінансові результати (Fundusze, rezerwy i wynik finansowy)	Клас 4. Власний капітал
Клас 4 Кредитори і доходи майбутніх періодів (Verbindlichkeiten und passive Rechnungsabgrenzung)	Група 2 Розрахунки і врегулювання (Rozrachunki i rozliczenia)	Клас 5. Довгострокові зобов'язання Клас 6. Поточні зобов'язання
Доходи і витрати		
Клас 5 Доходи (Erträge)	Група 7 Дохід та витрати (Przychody, dochody i koszty)	Клас 7. Доходи
Клас 6 Операційні (виробничі) витрати (Betriebliche Aufwendungen)	Група 4 Витрати за видами і їх врегулювання (Koszty według rodzajów i ich rozliczenie) Група 6 Продукція (Produkty)	Клас 8. Витрати за елементами Клас 9. Витрати діяльності
Клас 7 Додаткові (подальші) витрати (Weitere Aufwendungen)	Група 5 Витрати за типами діяльності та їх регулювання (Koszty według typów działalności i ich rozliczenie)	Клас 8. Витрати Клас 9. Витрати діяльності
Клас 8 Результати діяльності (Ergebnisrechnungen)	-	Клас 7. Доходи (рахунок 79)
Клас 9 Витрати і послуги (Kosten und Leistungen)	-	Клас 9. Витрати діяльності

При групуванні зазначених класів рахунків за системним підходом виявляється певна аналогія в назвах і, відповідно, призначеннях класів аналізованих планів трьох різних країн. Це стосується балансових рахунків. Втім, існують певні нюанси, які відрізняють план кожної країни. Наприклад, балансові класи в німецькому плані займають чотири позиції, у польському – п'ять, в українському – шість.

Відрізняються підходи до подачі і групування доходних і витратних (номінальних) рахунків. Якщо назва і зміст німецького класу 5 Доходи (Erträge) аналогічні до українського класу 7 «Доходи», то в польському форматі група 7 представляє одночасно і доходи, і витрати (Przychody, dochody i koszty). Цим рахункам найбільша увага у німецькому плані – п'ять позицій, в польському – чотири, в українському – три, що свідчить про зворотну тенденцію порівняно з балансовими класами.

В цілому, за кількістю класів німецький план нараховує 10 позицій, а польський і український – по 9 позицій. Структура класів наших європейських сусідів – на користь доходно-витратних рахунків. В українському, навпаки, увага на балансові рахунки. Пояснюється такий феномен увагою в підприємствах Європи доходно-витратному механізму. Характерною є увага європейських бухгалтерів і менеджерів компанії на витратах діяльності за схемою: облік-аналіз-управління. Тому така схема взаємодії фінансового і управлінського обліку витрат відбивається природної і в плані рахунків компанії. Характерно, що цьому приділяється увага в типових планах рахунків, тобто на державному рівні.

В усіх розглянутих планах (Німеччина, Польща, Україна) рахунки капіталу не є визначальними. Натомість, в плані рахунків підприємства Франції цей клас відкриває балансові рахунки (табл. 5).

Таблиця 5

Структура плану рахунків підприємства Франції

Класи рахунків	Назва класу
Фінансовий облік	
Балансові	
1	Капітал (власний акціонерний капітал, позики)
2	Позаоборотні активи
3	Запаси і незавершене виробництво
4	Рахунки для отримання і рахунки до оплати
5	Фінансові
Оперативні	
6	Витрати
7	Доходи
Спеціальні	
8	Особливі
Управлінський облік	
9	Рахунки контролю витрат

Привертає увагу наявність у французькому плані рахунків контролю витрат, які відносяться до сфери управлінського обліку. Такий підхід єднає його з німецьким підходом до плану рахунків, що підтверджує належність обох цих систем до європейської континентальної моделі бухгалтерського обліку.

Висновки і перспективи досліджень. Таким чином, розглянуті варіанти побудови планів рахунків в Україні у порівнянні з аналогами польського, німецького, французького підприємства комерційного сектора можна зробити висновок про певну аналогію у структурі і побудові планів в різних країнах на рівні синтетичних рахунків - виділяються балансові та номінальні синтетичні рахунки у певній послідовності за класами (групами). На цьому рівні

присутнє державне регулювання обліку в кожній з аналізованих країн. Такий підхід відрізняє європейську модель бухгалтерського обліку від англо-американської, за якою план рахунків не є об'єктом уваги державних інстанцій.

Натомість рівень субрахунків і аналітичних рахунків облік в європейських країнах не регулюється державними відомствами. Такий підхід застосовано і в Україні з 2015 року. Разом з тим, у побудові конструкції плану в кожній країні виявлені особливості, які притаманні національній практиці. Навіть єдині вимоги Директиви 2013/34/ЄС до звітності компаній не руйнують такі особливості. Такий висновок підтверджує тезу – уніфікація обліку у форматі звітів має сенс на верхньому рівні та орієнтується на запити переважно зовнішніх користувачів – інвесторів, кредиторів, державних інституцій та інших зацікавлених осіб.

Питання методики та технологій облікового процесу на підприємстві, у тому числі, й планів рахунків і їх застосування, знаходяться у компетенції управлінського персоналу компанії (групи компаній). Чинний план рахунків підприємств України є таким, що значною мірою відповідає європейській континентальній моделі бухгалтерського обліку. Такий висновок важливий для державного регулювання обліку в Україні, оскільки протягом трьох років (2016-2018 роки) міністерству фінансів потрібно провести узгодження вітчизняних законодавчих норм до вимог Угоди про асоціацію між Україною та ЄС від 2014 року.

Перспективи досліджень полягають у поглибленні аналізу планів рахунків на рівні класів і окремих синтетичних, суб- і аналітичних рахунків компаній різних галузей і секторів діяльності країн Європи з метою удосконалення вітчизняної системи бухгалтерського обліку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Winiarska Kazimiera. Wpływ międzynarodowych regulacji na kształt polskiej rachunkowości (Вплив міжнародного регулювання на прикладі бухгалтерського обліку в Польщі) // Міжнародний збірник наукових праць. – 2012, Випуск 3(9) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://pbo.ztu.edu.ua>article/download/72435/67873>
2. Żukowska H., Sawicka B. Zawartość informacyjna polityki rachunkowości (Напрями інформаційної політики бухгалтерського обліку). – Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II, Wydawnictwo KUL.- Lublin, 2014. – 417 p.
3. Ustawa z dnia 29 września 1994 roku o rachunkowości, Dz.U. 2002 Nr 76, poz. 694, ze zm.
4. Сайт міністерства фінансів Польщі [Електронний ресурс] Режим доступу <http://www.mf.gov.pl/ministerstwo-finansow>
5. Про затвердження Плану рахунків бухгалтерського обліку в державному секторі. Наказ МФУ від 31.12.2013 № 1203.
6. Bussik J., Ermann H. Buchfurung // J. Bussik., H. Ermann. – 6. uberarb/ – Aufl. Kiel.- 2009. – S.385.
7. Лучко М. Р., Бенько І. Д. Бухгалтерський облік зарубіжних країнах: Навчальний посібник. – К.: Знання, 2006. – 311 с.

Малышкин А. И.

ПЛАНЫ СЧЕТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАН В КОНТЕКСТЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ И ЕВРОИНТЕГРАЦИИ

В статье утверждается, что анализ опыта отдельных европейских стран с целью адаптации украинского практики учета и отчетности в европейской модели бухгалтерского учета является очень важным.

Поэтому целью статьи является задача исследовать практику построении плана счетов различных европейских стран, сравнить с аналогом в Украине и сделать выводы о степени совместимости украинского и европейских моделей планов счетов на уровне синтетических счетов. Это позволит выявить степень соответствия отечественной системы счетов международным образцам.

В статье рассмотрены по сравнению планы счетов компаний стран Евросоюза (Польша, Германия, Франция) с аналогичной конструкцией плана счетов бухгалтерского учета предприятий Украины. Определены особенности их построения и общие аспекты. Действующий план счетов предприятий Украины является таким, что в значительной мере соответствует европейской континентальной модели бухгалтерского учета.

***Ключевые слова:** евроинтеграция, бухгалтерский учет, план счетов, модель учета, Директивы ЕС.*

Malyshkin O.

**CARDS OF ACCOUNTS OF ENTERPRISES OF EUROPEAN COUNTRIES IN THE
CONTEXT OF INTERNATIONAL STANDARDS AND EUROINTEGRATION**

The article states that the analysis of the experience of individual European countries with a view to adapting Ukrainian accounting practices and reporting to the European model of accounting is very important.

Therefore, the purpose of the article is to study the practice of constructing the accounts of different European countries, compare it with the analogue in Ukraine and draw conclusions about the degree of compatibility of Ukrainian and European models of account plans at the level of synthetic accounts. This will allow us to find out the degree of compliance of the domestic system of accounts with international models.

The article compares the plans of the accounts of companies of the European Union countries (Poland, Germany, France) with a similar design of the accounting plan of Ukrainian enterprises. The features of their construction and common aspects are determined. The current chart of Ukrainian enterprises is in line with the European Continental Accounting Model.

***Keywords:** European integration, accounting, cards of accounts, accounting model, the EU Directive.*

Кузьменко О.М.

ОЦІНКА ВАРТОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КАПІТАЛУ ПІДПРИЄМСТВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

Незважаючи на різноманіття існуючих підходів до визначення людського та інтелектуального капіталу, представлених у різних джерелах, досі немає загальноприйнятого варіанту оцінки інтелектуального капіталу як багатокомпонентного показника.

Тому метою роботи є доведення необхідності своєчасного проведення оцінки вартості ІК, визначення методів та підходів до оцінки вартості інтелектуального капіталу підприємств водного транспорту

У роботі визначено основні властивості інтелектуального капіталу, які призводять до складності проведення оцінки його вартості. Представлено класичні методичні підходи до вирішення окремих актуальних завдань у процесі оцінки вартості інтелектуального капіталу підприємств водного транспорту. Обґрунтовано необхідність своєчасного проведення оцінки вартості інтелектуального капіталу, що дозволить персоналу організації досягти необхідного компетентного рівня, відповідно стратегії організації.

Ключові слова: інтелектуальний капітал, підприємства водного транспорту, оцінка вартості інтелектуального капіталу.

Постановка проблеми. Конкурентні переваги підприємства в новій економіці багато в чому залежать від знань і компетенцій, носієм яких виступає людина, тому людський капітал стає ключовим фактором сталого розвитку та економічного зростання організації.

Незважаючи на різноманіття підходів до визначення поняття і сутності інтелектуального капіталу, поки не сформувалося єдиної позиції дослідників щодо цієї категорії. Традиційно, концепція інтелектуального капіталу підприємства припускає вивчення структури цього нового джерела конкурентних переваг і фактора розвитку, його оцінку та можливості застосування, але, крім того, вплив інтелектуального капіталу на результати діяльності компанії. Але, незважаючи на різноманіття існуючих підходів до визначення людського та інтелектуального капіталу, представлених у різних джерелах, досі немає загальноприйнятого варіанту оцінки інтелектуального капіталу як багатокомпонентного показника.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження, спрямовані на розгляд сутності інтелектуального капіталу організації знайшли своє відображення в роботах таких учених: В.П. Багова, Г.С. Беккера, Е.Брукінг, М.І. Бухалкова, М. Вебера, В.Р. Весніна, А.П. Гарнова, Дж.К. Гелбрейта, Ф. Герцберга, Л.М. Гохберг, Д. Грейсона, Л.С. Дегтяря, П.В. Журавльова, Д.Н. Землякова, М. Кастельса, Дж.М. Кейнса, А.Я. Кибанова, О.В. Лосевої, Л.І. Лукичевої, Д. Мак-Грегора, М.С. Маллоуна, А. Маслоу, Ю.Г. Одегова, Г.Г. Руденко, Е.Р. Саруханова, К.Е. Свейбі та ін. Проте, за останнє десятиліття, з того часу, як поняття «інтелектуальний капітал» (ІК) широко проникло як в академічну, так і в популярну літературу з бізнесу та економіки, було запропоновано декілька десятків методик його вимірювання та оцінки. На жаль, жодна з методик не може розглядатися як універсальний підхід. Суперечливість різних концептуальних підходів, брак емпіричних досліджень стримують впровадження методик оцінки в систему управління підприємством і подальші дослідження в цій області.

Метою роботи є доведення необхідності своєчасного проведення оцінки вартості ІК, визначення методів та підходів до оцінки вартості інтелектуального капіталу підприємств водного транспорту.

Викладення основного матеріалу дослідження. Складність діяльності галузі водного транспорту полягає в різнонаправленості функціонування підприємств і одночасно в їх взаємозалежності. Кожна група підприємств виконує свої специфічні функції, має проблеми та перспективи розвитку, потрапляє під вплив різних чинників.

Структура підприємств водного транспорту у відсотковому співвідношенні розподіляється наступним чином: підприємства морського транспорту становлять 4,6 %, річкові порти – 1,7 %, а питома вага підприємств, які відносяться, як до морських, так і до річкових, складає 93,7 % [6; 7].

Найбільшу питому вагу в структурі портів займають морські торговельні порти – 2,8% та морські рибні порти – 0,6%, річкові порти – 1,7%. Щодо інших підприємств водного транспорту: судноплавні компанії – 47,3%, стивідорні компанії – 6%, науково-дослідні та проектно-конструкторські заклади – 4,7%, СРЗ,СБЗ (судноремонтних заводів, суднобудівних заводів) та СРСБЗ (судноремонтних-суднобудівних заводів) – 4,1%.

На основі аналізу методологічних підходів до поняття інтелектуального капіталу визначити дану категорію щодо підприємств водного транспорту можна як потенціал організації із трансформації знань і компетенцій персоналу, об'єктів інтелектуальної власності, в чинники, що створюють додану вартість і сприяє інноваційному розвитку підприємства, які надають позитивний вплив на його фінансові показники і підвищують його конкурентоспроможність.

Розрізняють від двох до трьох-чотирьох основних компонентів інтелектуального капіталу: загальноприйняті – людський і структурний капітал, в розширених трактуваннях доповнюються споживчим, фізичним та іншими. У рамках даного дослідження прийнята трьохкомпонентна структура інтелектуального капіталу, що включає таке: людський капітал, фізичний капітал і структурний капітал, останній з яких формується з інноваційного та процесного компонентів.

Специфічний характер окремих елементів інтелектуального капіталу ускладнює розробку універсального методу оцінки [8]. Різноманітність методичних підходів відображає різні уявлення їх авторів про сутність інтелектуального капіталу, його основних структурних компонентах, а також про основні цілі проведення оцінки вартості інтелектуального капіталу. І, хоча різні автори використовують несхожі робочі визначення інтелектуального капіталу, більшість з них вважає, що інтелектуальний капітал є ресурсом, який дозволяє організації трансформувати наявні знання та інформацію в економічну цінність. Це абстрактне розуміння стосується виключно функціональної онтології інтелектуального капіталу.

Івлієва Н.М. підкреслює, що відмінності в розумінні природи інтелектуального капіталу можуть бути пов'язані з тим, наскільки широко він визначається [4]. У вузькому сенсі інтелектуальний капітал – це звичайно, не виключає, неподільне і спільно споживане суспільне благо. У широкому сенсі інтелектуальний капітал включає в себе здатність працівників розуміти, використовувати і впроваджувати нові, більш ефективні способи забезпечення діяльності організації. Таким чином, різниця між визначенням у вузькому і широкому сенсі полягає в тому, що в останньому випадку інтелектуальний капітал включає в себе не тільки кодифіковане, але й неявне знання (навички, досвід, творчі здібності) і безумовно не є спільно споживаним благом з погляду фірми. Широко відомі характеристики інтелектуального капіталу, які призводять до складності його оцінки та розробки методичних підходів:

1. Невизначеність – це фундаментальна властивість будь-якого процесу створення нового знання, пов'язане з тим, що процес створення нового знання є унікальним, а минулі події та досвід не можуть служити надійною основою для його оцінки. Цінність нового знання стане відома тільки після досвіду його використання.

2. Принципова можливість копіювання окремих елементів інтелектуального капіталу з мінімальними витратами для імітатора. Знання як товар, як правило, характеризується значними неповернутими витратами і малими граничними витратами, що знижує його цінність для первісного власника у випадку копіювання імітаторами. Хоча іноді передбачається, що граничні витрати дорівнюють нулю, насправді це не так. Копіюванню або імітуванню доступні лише окремі елементи інтелектуального капіталу, тоді як вся сукупність

їх елементів досить складно копіюється конкурентами, що є одним з ключових чинників конкурентоспроможності компанії.

3. Неподільність. У зв'язку з тим, що інформація неподільна, покупець не може купити тільки необхідний обсяг інформації і змушений купувати єдиний блок, що включає зайву інформацію, як правильно наведено в [3]. Вартість інтелектуального капіталу може розглядатися як приватна (для організації-власника) і суспільна (для всього суспільства). Громадська вартість окремих елементів інтелектуального капіталу пов'язана з додатковою цінністю, яку надає його використання іншим членам суспільства. Таке розуміння пов'язане з поняттям «споживчого надлишку» для покупця в рамках традиційної мікроекономічної теорії, однак на відміну від звичайного трактування мова йде про так звані товари, які не є об'єктами торгівлі, а зіставлення проводиться по-іншому. Для підприємства інтелектуальний капітал пов'язаний з фіксованими витратами, тоді як суспільство отримує позитивні зовнішні ефекти від його існування і використання [1].

Різниця між двома вартостями не повинна бути занадто великою. Якщо суспільна вартість інтелектуального капіталу набагато перевищує приватну вартість, то для власника інтелектуального капіталу руйнуються стимули сприяти зростанню його вартості – адже велика частина доданої вартості присвоюється суспільством. У цьому випадку знижується інноваційна активність підприємців, у яких немає достатньої мотивації, щоб створювати нові інтелектуальні продукти. Якщо ж приватна вартість інтелектуального капіталу набагато перевищує суспільну, то суспільство несе втрати через присвоювання результатів інтелектуальної діяльності виключно власником капіталу. У цьому випадку знижується дифузійний потенціал інновацій. Потрібно оптимальний баланс, в якому враховувалися б інтереси власника інтелектуального капіталу і суспільства, а результати інтелектуальної діяльності присвоювалися б обома сторонами.

Тому наведені нижче методи корисно розглядати як методичні підходи до вирішення окремих актуальних завдань, враховуючи переваги і недоліки кожного. Існуючі у світовій практиці моделі та методи оцінки інтелектуального капіталу можна об'єднати в 5 груп:

- методи прямого вимірювання ІК (ідентифікація і оцінка в грошовому вираженні окремих активів або компонентів ІК з узагальненням у вигляді інтегральної оцінки шляхом підсумовування);

- методи ринкової капіталізації, в яких вартість ІК визначається як різниця між ринковою вартістю організації та вартістю її чистих активів. Ринкова вартість організації обчислюється або шляхом прямої капіталізації, або шляхом дисконтування одержуваного грошового потоку;

- методи віддачі на активи, в основі яких лежить бухгалтерський підхід. Рівень ІК організації розраховується як відношення її середнього доходу до вирахування податків за період до матеріальних активів, при порівнянні з аналогічним показником для галузі в цілому. Щоб обчислити середній додатковий дохід від ІК, отриману різницю множать на матеріальні активи організації;

- SC-методи (методи підрахунку балів). У даному випадку ідентифікуються різні компоненти ІК, визначаються індикатори та індекси шляхом підрахунку балів або будуються відповідні графі. Застосування SC-методів не передбачає отримання грошової оцінки ІК. Ці методи подібні методам діагностичної інформаційної системи. Сюди відноситься широко відома система збалансованих показників;

- методи оцінки нематеріальних активів ІК, які застосовуються в умовах ефективного ринку [2].

Вартісна оцінка інтелектуального капіталу відіграє важливу роль як критерій ефективності його використання в діяльності підприємства та ефективності управління ним. Підходи до оцінки вартості знання, на думку [5], залежать від факторів, представлених на рис.1. Таким чином, вибір підходу до оцінки інтелектуального капіталу підприємства і результат оцінки буде залежати від виду знання, що лежить в основі того чи іншого елемента інтелектуального капіталу.

Оцінка вартості явного знання, що є частиною нематеріальних активів підприємства (програмне забезпечення, патенти, ліцензії і т.д.) достатньо освітлена в роботах зарубіжних і вітчизняних авторів. Цей вид знання має конкретну грошову вартість, неодноразово бере

участь у процесі виробництва та переносить свою вартість на новостворений продукт у вигляді амортизації нематеріальних активів підприємства.

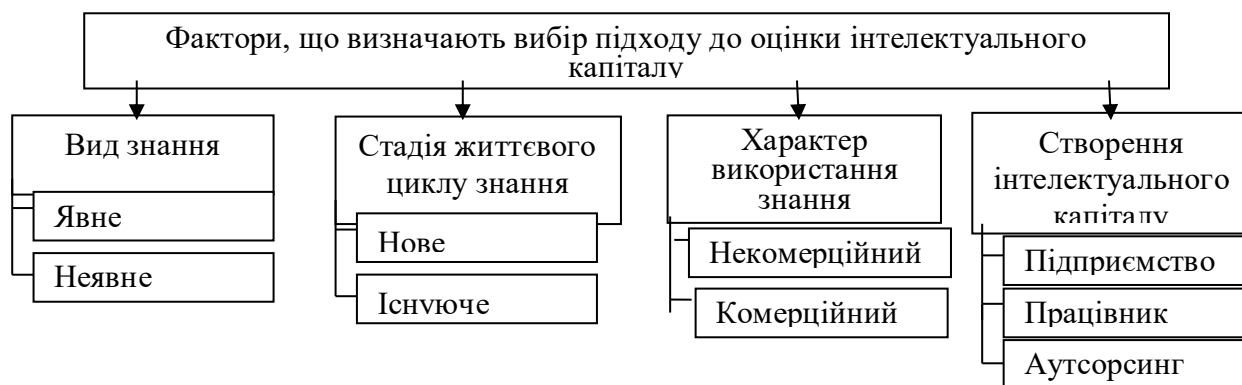


Рисунок 1 – Фактори, що впливають на вибір методу оцінки вартості інтелектуального капіталу [5]

Неявні знання, будучи невід'ємною частиною співробітників підприємства, його організаційної культури, також беруть участь у створенні вартості продукту. Але оцінити їх внесок у цю вартість в грошових одиницях практично неможливо. Результатом оцінки неявних знань буде їхня інформаційна вартість. Формування вартості інтелектуального капіталу представлено на рис.2.

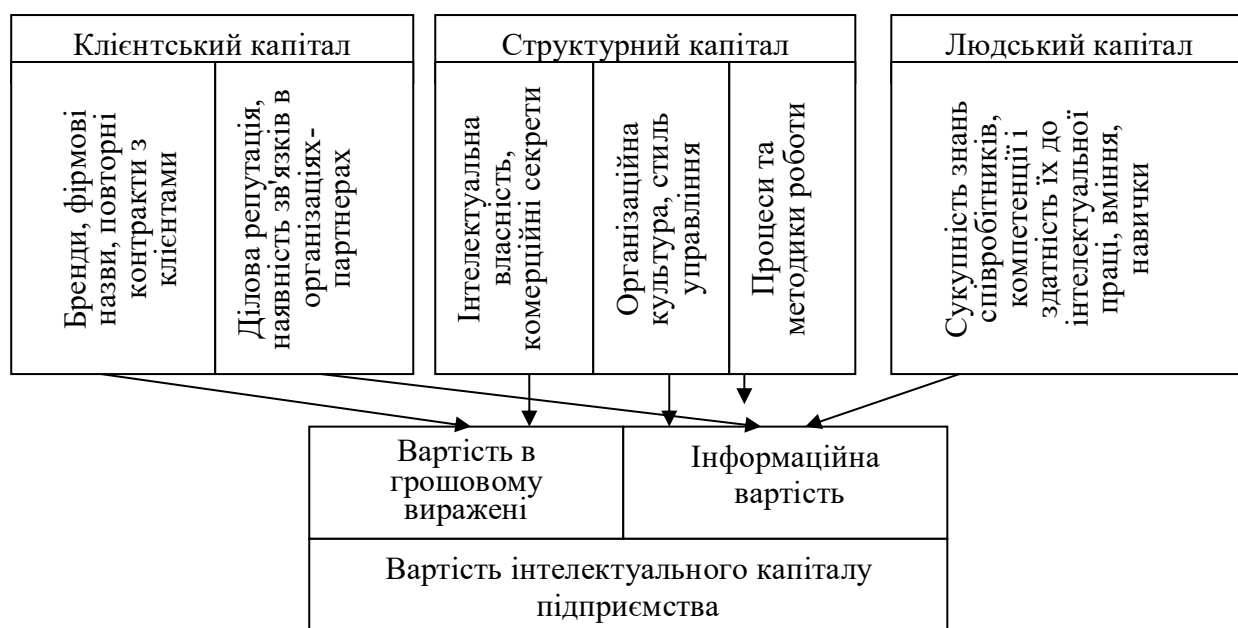


Рисунок 2 – Формування вартості інтелектуального капіталу підприємства [5]

Специфічний характер мають наступні два методи: оцінки вартості перспективної конкурентоспроможності людського капіталу та перспективної вартості людського капіталу.

1. Метод оцінки вартості перспективної конкурентоспроможності людського капіталу заснований на сумі оцінки витрат і потенційного збитку, що наноситься підприємству при можливому звільненні з нього працівника:

- повні витрати на персонал провідним конкурентом;
- індивідуальні премії кожному працівнику підприємства, за його теоретично можливий перехід до конкурентів;
- додаткові витрати підприємства на пошук еквівалентної заміни працівника в разі його переходу в інше підприємство;

- економічний збиток, який понесе підприємство на період пошуку заміни працівника новим;
- втрата унікальних інтелектуальних продуктів, навичок, потенціалу, який працівник понесе з собою в підприємство конкурента;
- передбачувані втрати частини ринку.

Структура наведеної оцінки людського капіталу показує, що реальна вартість людського капіталу іноді в сотні разів вище номінально оцінюваної, в залежності від рівня інтелекту і кваліфікації працівника.

2. Метод перспективної вартості людського капіталу враховує у додаток до методу конкурентної вартості оцінку динаміки вартості людського капіталу в перспективі. Вартість ряду співробітників змінюється нерівномірно, різко виростаючи в період досягнення ними найбільш важливих результатів після закінчення тривалого часу і наближення до отримання очікуваних кінцевих результатів, а втрата у цей період співробітників, пов'язана з великими економічними втратами. При цьому знання співробітників переоцінюються виходячи з впливу наступних факторів: інвестиції в розвиток персоналу; корегування знань на коефіцієнт застарювання і забування частини накопичених знань; корегування знань на коефіцієнт набутого досвіду та професіоналізму; корегування знань з урахуванням індивідуальних особливостей співробітника.

Отже, існуючі підходи до оцінки інтелектуального капіталу можна класифікувати за двома основними ознаками: об'єкту оцінки (явні чи неявні знання) і формі вираження результату оцінки вартості («вартість у грошовому вираженні» або інформаційна вартість).

Висновки. Таким чином, визначено основні властивості інтелектуального капіталу, які приводять до складності проведення оцінки його вартості та виступають факторами, які потрібно враховувати при розробці відповідних методів оцінки ІК на основі наведених традиційних підходів до оцінювання. Проте, слід пам'ятати, що головна мета вимірювання ІК забезпечити споживача, будь то інвестори, акціонери або співробітники компанії, достовірною та повною інформацією. Ефективна діяльність, інвестиційна привабливість та конкурентоспроможність організацій на ринку значною мірою залежать від правильної оцінки їх вартості. При купівлі та продажу організації, майна, для ефективного управління персоналом та інтелектуальним капіталом, залучення інвестицій і оцінки конкурентоспроможності, при переоцінці основних фондів і виконанні багатьох інших операцій реальна оцінка об'єктів необхідна.

Результати дослідження показали необхідність проведення оцінки вартості ІК, своєчасність даного заходу дозволить персоналу організації досягти необхідного компетентного рівня, відповідно стратегії організації, що дозволяє підвищити результати її діяльності і, зокрема, збільшити інтелектуальний коефіцієнт доданої вартості, а також забезпечити конкурентні переваги підприємств водного транспорту на ринку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лукичева Л. И. Подходы к оценке стоимости интеллектуального капитала организаций / Л. И. Лукичева // «Менеджмент в России и за рубежом». – № 4. – 2006 – С. 48-54.
2. Обзор методов оценки интеллектуального капитала [Электронный ресурс]. – [Режим доступа]: <http://www.innoros.ru/innovaciivkadrah/obzor-metodov-otsenki-intellektualnogo-kapitala>
3. Добрынин А. И. Человеческий капитал в транзитивной экономике: формирование, оценка, эффективность использования / Добрынин А. И., Дятлов С. А. Цыренова Е. Д. / – СПб.: Наука, 1999. – 297 с.
4. Ивлиева Н. Н. Оценка стоимости интеллектуального капитала предприятия // Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. – М., 2005.
5. Погорельская Т. А. Знания и информационные ресурсы в современных производственных системах / Т.А. Погорельская // Проблемы современного общества: естественнонаучные и гуманитарные аспекты: Материалы межвуз. науч.-практ. конф., филиал РГГУ. Георгиевск: «Алькор», 2009. – С. 66-71.

6. Стрілок І. І. Характеристика та сучасний стан підприємств водного транспорту / Стрілок І. І., Шкляр В. В. / [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: [http://www.maritime.kiev.ua/uploads/Jurnal/1\(16_2013\)/102.docx](http://www.maritime.kiev.ua/uploads/Jurnal/1(16_2013)/102.docx)
7. Все о портах Украины [Электронный ресурс]. – [Режим доступа]: <http://portsukraine.com/node/9>
8. Edvinsson, L. Kapitał intelektualny / L. Edvinsson, M. S. Malone. – Warszawa: PWN, 2001. – 168 с.

Кузьменко О.М.

ОЦЕНКА СТОИМОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Несмотря на многообразие существующих подходов к определению человеческого и интеллектуального капитала, представленных в различных источниках, до сих пор нет общепринятого варианта оценки интеллектуального капитала как многокомпонентного показателя.

Поэтому целью работы является доведение необходимости своевременного проведения оценки стоимости ИК, определение методов и подходов к оценке стоимости интеллектуального капитала предприятий водного транспорта

В работе определены основные свойства интеллектуального капитала, которые приводят к сложности проведения оценки его стоимости. Представлены классические методические подходы к решению отдельных актуальных задач в процессе оценки стоимости интеллектуального капитала предприятий водного транспорта. Обоснована необходимость своевременного проведения оценки стоимости интеллектуального капитала, что позволит персоналу организации достичь необходимого компетентного уровня, в соответствии стратегии предприятия.

Ключевые слова: интеллектуальный капитал, предприятия водного транспорта, оценка стоимости интеллектуального капитала.

Kyzmenko O.

VALUATION OF INTELLECTUAL CAPITAL ENTERPRISES MARITIME TRANSPORT

Despite the diversity of existing approaches to defining human and intellectual capital presented in various sources, there is still no commonly accepted option for evaluating intellectual capital as a multi-component indicator.

Therefore, the purpose of the work is to prove the necessity of timely carrying out an estimation of the value of IR, determination of methods and approaches for estimating the value of intellectual capital of enterprises of water transport

The paper identifies the main characteristics of intellectual capital, which lead to the difficulty of assessing its value. Presents the classic methodological approaches to solving certain urgent tasks in the process of assessing the value of intellectual capital of the enterprises of water transport. The necessity of a timely assessment of the value of the intellectual capital that will allow the organization to achieve the necessary personnel competent level, according to business strategy.

Keywords: intellectual capital, enterprises of maritime transport, valuation of intellectual capital.

Майкова Е.В.

МІСЦЕ УКРАЇНИ У СВІТОВИХ ІНТЕГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСАХ

У статті розглянуті світові інтеграційні процеси та визначено місце України в них. Приділяється увага умовам гармонійного включення України до системи глобальних світогосподарських зв'язків, можливостям підвищення ефективності функціонування національної економіки.

Ключові слова: інтеграція, імпорто-експортні відносини, інтеграційні об'єднання.

Постановка проблеми. Територіальне розташування України, її розміри, чисельність населення, природні ресурси в поєднанні з потужним потенціалом у науковій, економічній та інших сферах суспільного життя надають Україні широкі можливості інтеграційного розвитку за умови певного рівня ринкових трансформацій. У той же час гармонійне включення України до системи глобальних світогосподарських зв'язків дозволить підвищити ефективність і конкурентоспроможність національної економіки та рівень добробуту громадян.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвиток двосторонніх та багатосторонніх відносин з іншими державами має велике значення для залучення України у світові інтеграційні процеси. Однією із найскладніших проблем стратегії зовнішньоекономічних відносин України як регіональної держави можна вважати вибір пріоритетів та напрямків економічної інтеграції. В економічній літературі приділяється багато уваги сучасним інтеграційним процесам та місцю України в них.

Мета статті полягає у визначенні місця України у світових інтеграційних процесах, виборі пріоритетних напрямків розвитку інтеграції.

Виклад основного матеріалу. Досягнення економічного та соціального відродження України значною мірою пов'язане з її інтеграцією в міжнародну економічну систему, активною та зростаючою участю в міжнародному поділі праці, ефективному використанні його переваг і вигод.

На процеси включення України до сучасної системи світогосподарських зв'язків впливають конкретні внутрішньо- і зовнішньоекономічні фактори.

Серед внутрішньоекономічних факторів принциповим є перехід України до розвиненої ринкової економіки, для чого потрібні розробка та реалізація відповідної довгострокової програми. Така програма має бути адаптованою до зовнішнього ринкового середовища, враховувати сучасний соціально-економічний стан та особливості ринку України, використовувати досвід переходу до ринкових відносин інших постсоціалістичних країн.

Важливе значення має такий довгостроковий фактор, як структурна перебудова національної економіки, орієнтована на сучасні техніко-технологічні, економічні, екологічні і соціальні стандарти.

Отже, необхідною передумовою проведення ефективної інтеграційної політики України є синхронізація відповідних процесів із масштабами та темпами розвитку національної економіки під впливом внутрішньоекономічних факторів.

Одним з пріоритетних напрямків зовнішньоекономічної діяльності України є подальший розвиток торговельно-економічного та інвестиційного співробітництва з країнами ЄС.

Відносини з ЄС набувають для України дедалі більшого геополітичного значення. Розглядаючи галузевий аспект співробітництва з ЄС, слід відзначити, що провідні позиції в українському експорті належать металопродукції, машинобудуванню, продукції хімічної

промисловості та мінеральним добривам. Основними імпортерами української продукції є Німеччина, Італія, Угорщина, Польща [1; 3; 5].

Щодо загальної характеристики вітчизняного імпорту слід відзначити, що ті самі країни, які належать до головних імпортерів української продукції, є й провідними експортерами до України. Це, зокрема, Німеччина, Польща, Італія, Велика Британія, Франція, Швейцарія. Найважливішими товарними позиціями імпорту України із країн ЄС є нафтопродукти, лікарські засоби, легкові автомобілі, кам'яне вугілля, гербіциди тощо.

Важливого значення набувають відносини України із найрозвиненішою країною світу – Сполученими Штатами Америки. Навколо США формується наднаціональна мегакоаліція країн, які розвивають ліберально-ринкову економіку, підтримують США в їхній боротьбі зі світовим тероризмом. Яскравим прикладом нових стратегічних союзників США є близька до нас Польща.

США, Канада як економічні лідери Нового світу можуть виступати в ролі технологічних партнерів України. США мають вагомий вплив у міжнародних організаціях, як торговельної, так і валютно-фінансової спрямованості. При створенні зони вільної торгівлі між Північною та Південною Америками під егідою США Україна матиме доступ до найбільшого ринку у світі (обсяг ВВП об'єднаної Америки становитиме 11 трлн. дол.) [1].

З кожним роком відносини України з Китаєм стають більш різноманітними. Україна експортує до Китаю продукцію важкої, хімічної, металургійної, авіакосмічної промисловості. Китай, який продовжує залишатися країною, що розвивається, з відносною відсталістю в зазначених галузях промисловості, має технологічні переваги в галузях легкої, текстильної промисловості, вирощуванні, зборі та переробці сільськогосподарської продукції, виробництві обладнання для аграрно-промислового комплексу, імпорту яких має поживати економіку України [4; 5].

Традиційним партнером України може вважатись Індія. Українські проектні установи та промислові підприємства приймають участь у розвитку чорної металургії, хімії, великого та транспортного машинобудування тощо. В останні роки українсько-індійські торговельні зв'язки значно скоротилися, натомість розширились торгівля з Пакистаном, в тому числі військово-промислове співробітництво. Стрімке зростання населення цих країн, з одного боку, та орієнтація на скорочення критичного імпорту продовольства – з іншого, зумовлюють необхідність інтенсивного розвитку сільського господарства. Нині на Індію припадає 10 %, а на Пакистан – близько 7 % українського експорту мінеральних добрив, і ця частка може бути істотно збільшена [5].

Одним зі світових лідерів в інноваційному розвитку з величезним науково-технологічним потенціалом є **Японія**. Товарообіг між Японією та Україною останніми роками має тенденцію до зростання. Серед головних статей експорту з України до Японії – феросплави та первинний алюміній. Дуже малу частку становить високотехнологічна продукція. Це, зокрема, зварювальні та спецметалургійні технології, роботи з вирощуванням монокристалів із наперед визначеними фізичними властивостями та проектування телекомунікаційних мереж, розробки з генної інженерії. Японія нині концентрує інтелектуальні, фінансові та інші ресурси на таких пріоритетних напрямках інноваційного розвитку, як: прикладна інформатика та обчислювальна техніка; робототехніка, точна механіка; матеріалознавство, біотехнології, дослідження Світового океану та космічного простору тощо. З усіх цих напрямів в Україні є потенціал, який слід залучити для поглиблення співробітництва з Японією [3; 5].

Активна участь України в економічних процесах та швидке зростання економіки **Кореї** на початку 90-х років, відкритий характер їхніх економік – сприяли розвитку українсько-корейських відносин. Основними статтями українського експорту є зернові культури, чорні метали та вироби з них, руди, шлаки і золи, деревина та вироби з неї, недорогоцінні метали, тютюн та його промислові замітники. Основними статтями імпорту в Україну є електричні машини, засоби наземного транспорту (крім залізничного), пластмаси та полімерні матеріали.

Відносини України з типово аграрними державами з перехідною економікою та відносно низьким рівнем життя – **В'єтнамом та Лаосом** – можуть мати певні перспективи. По-перше, внаслідок сталих зв'язків з колишнім СРСР у В'єтнамі та Лаосі нагромадилася значна кількість різноманітної техніки радянського виробництва. Сьогодні Україна може надавати технічну допомогу в ремонті та обслуговуванні цієї техніки, забезпечувати запасними частинами. Перспективним можна вважати експорт продукції легкої промисловості, морепродуктів, кави, горіхів тощо із цих країн. Перспективним може бути участь України в розробці покладів нафти та газу В'єтнаму.

Важливою сферою вдосконалення зовнішньоекономічних зв'язків України із країнами Азії є збільшення освітніх послуг з нашого боку, зважаючи на те, що в Азії проживає 57 % населення планети, переважна частина з них не має вищої освіти, значна частина – середньої, а певний відсоток взагалі є неписьменним. Потреби у висококваліфікованих фахівцях нині зростають.

Для ринків африканських країн характерні велика споживча місткість та надзвичайно диференційований попит, який відповідає нашим пропозиціям – від найпростішої побутової продукції до складної сучасної техніки. При цьому слід враховувати, що через порівняно низький рівень життя африканське населення об'єктивно орієнтоване на споживання дешевих товарів середньої якості, потребу в яких можуть забезпечити вітчизняні підприємства. Крім того, Україна має можливості експортувати в країни Африки машини, обладнання, транспортні засоби, комплексне обладнання для будівництва об'єктів, що споруджуються за нашою допомогою, направляти висококваліфікованих спеціалістів у різних галузях економіки, будівництва, освіти. Чорні метали та вироби з них зберегли лідируючі позиції у структурі українського експорту до Єгипту. Основною статтею єгипетського імпорту залишаються плоди, здебільшого, цитрусові.

У структурі експорту товарів України до Алжиру домінують такі товарні групи, як жири та олії тваринного або рослинного походження, а також зернові культури, зокрема кукурудза та ячмінь. Основу українського імпорту з Алжиру традиційно складають фосфати. Однак, структура імпорту розширилася на такі товарні групи, як какао та продукти з нього, одяг, трикотажні вироби, текстильні вироби, взуття.

Африка має велике значення для розвитку шляхів морського й повітряного сполучення України з іншими континентами, і, у свою чергу, відчуває зростаючу потребу у вантажних авіаційних міжконтинентальних та внутрішніх перевезеннях з допомогою наших літаків Ан-32, Ан-12.

Однією з країн Західної Африки, яку з Україною з'єднують багаторічні економічні зв'язки можна вважати Гвінею. З Гвінеї ми отримуємо щорічно до 2 млн. т бокситів та глинозему для Миколаївського та Запорізького підприємств кольорової металургії.

Однією з головних перешкод розвитку українсько-африканського економічного співробітництва є відсутність розгалуженої системи державних (дипломатичних, торговельних, фінансових) та неурядових (виробничих, комерційних, громадських) представництв та установ.

Україна співпрацює з провідними державами Латино-Американського континенту, як: Бразилія, Аргентина, Мексика, на які припадає 80 % взаємного товарообігу [1; 5].

Латинська Америка у світовому вимірі посідає незначне місце за показниками економічного розвитку. Відносини між Україною та Латинською Америкою ускладнюють деякі чинники. Насамперед недостатні знання потенційних і реальних економічних можливостей одне одного, різниця у системах цінностей та життєвої орієнтації, менталітеті та звичках тощо. Для створення сприятливих умов розвитку торговельно-економічних відносин України з державами Латинської Америки необхідно таке: розробити науково обґрунтовану стратегію; організувати роботу в країнах регіону постійних торговельно-економічних представництв (місій); розробити механізм вивчення, акумуляції та реалізації заявок і пропозицій українських та латиноамериканських контрагентів; ввести в практику організацію виставок, презентацій, «круглих столів», інформаційне забезпечення укладених угод.

Створити в Україні та країнах Латинської Америки відділення комерційних банків та їхніх банківських кореспондентів, відкрити кореспондентські рахунки для полегшення взаємних розрахунків та розширення валютно-фінансових відносин.

Завдяки цим заходам Україна зможе реально збільшити реалізацію продукції машинобудування, автомобілебудування та забезпечити сервісне обслуговування техніки, ремонт, постачання запчастин тощо.

Успішна участь України в світових інтеграційних процесах буде мати такі позитивні наслідки для економіки країни: більш активне залучення іноземних інвестицій, розвиток передових технологій, створення нових робочих місць, розвиток взаємовигідного товарообміну, поглиблення науково-технічного співробітництва, вдосконалення систем підготовки кадрів, взаємний обмін фахівцями з різних галузей знань, можливість вирішення екологічних проблем [3; 4].

Процес відкривання національної економіки повинен відповідати стану її конкурентоспроможності, інакше під тиском сильних іноземних конкурентів вітчизняні виробники будуть усунуті з внутрішнього ринку. Для забезпечення економічної безпеки також важливо визначити перелік продукції, що повинна вироблятися в Україні з будь-якої кон'юнктури на світових ринках і незалежно від конкурентного середовища на внутрішньому ринку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Амеліна І. В. Міжнародні економічні відносини: навчальний посібник / І. В. Амеліна, Т. Л. Попова, С. В. Владимиров. – К.: ЦУЛ, 2013. – 256 с.
2. Козак Ю. Г. Основи зовнішньоекономічної діяльності: навчальний посібник / Ю. Г. Козак. – Видання 5-те, перероб. та доп. – Київ-Катовіце: Центр учбової літератури, 2016. – 289 с.
3. Міжнародна економіка: підручник / [В. В. Білоцерківець, О. О. Завгородня, В. К. Лебедева, О. В. Золотарьова]; за ред. А. О. Задоя, В. М. Расевича. – К.: ЦУЛ, 2012. – 416 с.
4. Міжнародна мікроекономіка: навчальний посібник / [Ю. Г. Козак, Ю. М. Пахомов, Н. С. Логвінова, А. А. Наумчик]; за ред. Ю. Г. Козака, Ю. М. Пахомова, Н. С. Логінової. – 3-тє вид., перероб. та доп. – К.: ЦУЛ, 2012. – 368 с.
5. Офіційний сайт Міністерства Внутрішніх Справ України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mvs.gov.ua/>.

Майкова Э. В.

МЕСТО УКРАИНЫ В МИРОВЫХ ИНТЕГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ

В статье рассмотрены мировые интеграционные процессы и определено место Украины в них. Уделяется внимание условиям гармоничного включения Украины в систему глобальных мирохозяйственных связей, возможностям повышения эффективности функционирования национальной экономики.

Ключевые слова: интеграция, импорто-экспортные отношения, интеграционные объединения.

Maykova E.

THE PLACE OF UKRAINE IN THE WORLD INTEGRATION PROCESSES

The article examines the world integration processes and the place of Ukraine in them. Attention is paid to the harmonious inclusion of Ukraine in the global system of world economic relations, opportunities of increase of efficiency of functioning of the national economy.

Keywords: integration, import and export relations, integration enterprises.

Костенко А.М.

ДИВЕРСИФІКАЦІЯ ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ

У статті обґрунтовано підходи до диверсифікації зовнішньоекономічної діяльності в умовах глобалізації. Доведено, що процес управління диверсифікацією повинен носити безперервний характер. Запропоновано модель управління диверсифікацією зовнішньоекономічної діяльності вітчизняних підприємств, який дозволить підвищити обґрунтованість прийнятих рішень, забезпечити гнучкість і оперативність управління, що в цілому приведе до підняття престижу України, зміни її місця на світових товарних ринках.

Ключові слова: управління, диверсифікація, модель, зовнішньоекономічна діяльність, конкурентоспроможність.

Постановка проблеми. Підвищення взаємозалежності національних економік, активізація інтеграційних процесів призводить до об'єктивної необхідності використання глобального підходу до ведення бізнесу. У цих умовах зовнішньоекономічні зв'язки стають усе більш помітною складовою частиною господарської діяльності підприємств і організацій, зростає інтерес до участі в економічному, виробничому і науково-технічному співробітництві з партнерами із зарубіжних країн. Сфера господарської діяльності підприємства, пов'язана з міжнародною виробничою і науково-технічною кооперацією, експортом і імпортом продукції, виходом підприємства на зовнішній ринок визначається як його зовнішньоекономічна діяльність (ЗЕД).

Переоцінка принципів і модельних характеристик економічного розвитку, що відбулася в сучасному суспільстві, змінила уявлення про міжнародне співробітництво. У зв'язку з подальшим загостренням конкурентної боротьби на світових ринках, об'єктивно позначилася потреба в ускладненні і диверсифікованості як технологічних, так і організаційних моделей виробництва, інформаційної насиченості й комунікативності ЗЕД, яка тісно пов'язана з цілями та методикою використання економічних інструментів.

Реалізація цілей ЗЕД в умовах глобалізації передбачає стратегічний рівень управління діяльністю, що включає, у тому числі рішення, пов'язані з визначенням можливості та форми виходу на зарубіжні ринки, вибір цільових сегментів, способи проникнення на них, обізнаності з вимогами замовника інших країн і т.д.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У сучасній економічній літературі питання теорії та практики стратегічного управління міжнародною діяльністю підприємства, у тому числі диверсифікації зовнішньоекономічної діяльності, отримали розвиток в наукових роботах Б. Бермана, Дж. Гелбрейта, Дж. Данінга, Ф. Котлера, Д. Кревенса, Ж.-Ж. Ламбена, М. Портера, Дж. Сакса, Дж. Стігліца, А. Томпсона, А. Чандлера, С. Хаймера та ін.

Аналіз сучасних підходів щодо диверсифікації зовнішньоекономічної діяльності [1-5] визначив проблему, пов'язану з відсутністю цілісної системи, що потребує подальшого дослідження.

Мета статті. Метою статті є розгляд сутності диверсифікації зовнішньоекономічної діяльності та обґрунтування моделі управління диверсифікацією зовнішньоекономічної діяльності вітчизняних підприємств.

Виклад основного матеріалу. Серед основних проблем теорій зовнішньоекономічних відносин знаходиться поєднання інтересів національної економіки та інтересів підприємств і фірм, що беруть участь в міжнародному товарообігу. У першу чергу це пов'язано з тим, як

окремі фірми конкретних країн отримують конкурентні переваги у світовій торгівлі деякими товарами в конкретних галузях.

Зовнішньоекономічна діяльність здійснюється конкретними виробничими структурами (підприємствами та їх об'єднаннями). Процеси глобалізації диктують різноманітність і гнучкість розвитку різних форм ЗЕД. При цьому глобалізація обумовлює їх здатність швидко перебудовувати економічну структуру і підвищувати якість продукції, що випускається у відповідь на посилення конкуренції з боку іноземних компаній. Підприємства - суб'єкти ЗЕД повинні володіти конкурентними перевагами (відмінними від існуючих всередині країни), які і характеризують потенціал участі підприємства у світогосподарських зв'язках. Ключова функція ЗЕД на мікрорівні представляється в реалізації конкурентних переваг підприємства на міжнародному рівні і забезпечення його участі в системі світогосподарських зв'язків.

За результатами аналізу сучасних теорій економіки і менеджменту пропонуються такі напрямки у сфері управління ЗЕД:

1) управління зовнішньоекономічною діяльністю – це вироблення керуючих впливів на основі застосування економічних теорій та визначенні критеріїв ефективності діяльності у вартісному вираженні;

2) міжнародний менеджмент – це аналіз середовища здійснення діяльності, облік відмінних чинників ведення бізнесу в різних країнах, управління по змінам.

Перший напрямок має методологічну основу управління зовнішньоекономічною діяльністю як процесу розробки міжнародних і національних стратегій, політик і механізмів, функціонування системи інститутів, органів і механізмів регулювання зовнішньоекономічної діяльності на національному та на багатосторонньому рівні, яке становить класичні напрямки економічних теорій, досягнення кейнсіанства та інших сучасних шкіл і наук. Практичною реалізацією наукового підходу до управління є механізм управління, який послідовно взаємопов'язаних такі компоненти управління як принципи, методи, функції.

Другий напрямок ґрунтується на міжнародному менеджменті – особливий вид менеджменту, головними цілями якого виступають формування, розвиток і використання конкурентних переваг фірми за рахунок можливостей ведення бізнесу в різних країнах і відповідного використання економічних, соціальних, демографічних, культурних та інших особливостей цих країн в міжгалузевому взаємодії.

Для підвищення ефективності управління зовнішньоекономічною діяльністю підприємства є необхідність поєднувати обидва напрямки. Відповідно до цього положення здійснюється формування змісту основних компонентів механізму управління.

Міжнародний інститут управлінського розвитку (IMD) опублікував рейтинг найбільш конкурентоспроможних економік за 2017 рік. Дослідження опубліковане на сайті інституту. Україна зайняла в рейтингу 60 місце, опустившись на одну позицію. На першому місці рейтингу опинився спеціальний адміністративний район Китаю Гонконг. На другому місці опинилася Швейцарія, а замикає трійку лідерів Сінгапур. Далі йдуть США, Нідерланди, Ірландія, Данія, Люксембург, Швеція. Замикають першу десятку Арабські емірати [7]. Але потрібно враховувати корінні політичні та економічні зміни, що відбулися в 2013-2014 роках, які поставили Україну перед фактом неможливості подальшої економічної взаємодії з традиційними партнерами. Анексія АР Крим і військовий конфлікт на частини територій Донецької і Луганської областей унеможливають відновлення традиційних економічних зв'язків з РФ. Крім того, коопераційні зв'язки, що залишилися від СРСР з колишніми радянськими республіками несуть в собі ефект науково-технічного гальмування, через їх відсталість та відсутність стимулів для розвитку нових технологій [6].

Завданням України на поточному етапі є диверсифікація економічних зв'язків таким чином, щоб як максимально використовувати як життєздатні пострадянські зв'язки, так і створити нові, з метою максимального вбудовування економіки України в глобальну світову економіку.

Визначення найбільш перспективних напрямків економічної взаємодії України з глобальними партнерами передбачає такі основні етапи:

- аналіз тенденцій, що виникли у зовнішньоекономічній діяльності України в результаті російсько-українського конфлікту;
- аналіз основних тенденцій у світовій торгівлі; аналіз основних світових інвестиційних потоків;
- синтез рекомендацій щодо реформування економіки України відповідно до мети інтеграції в світову економіку.

Це викликало інтерес до розробки ефективних моделей диверсифікації зовнішньоекономічних взаємодій.

Вся сукупність факторів, що визначають можливість підприємства диверсифікувати свою зовнішньоекономічну діяльність, ділиться на внутрішні, національні та інтернаціональні, а також міжнародні чинники, пов'язані з рухом товарів і послуг між країнами. На основі зіставлення національних, міжнародних стандартів і внутрішніх факторів приймаються стратегічні рішення про вибір країни (групи країн) з найбільш підходящими (з точки зору власних можливостей підприємства) умовами для здійснення даної ЗЕД.

Основні етапи стратегії диверсифікації для підприємства полягають у наступному.

По-перше, перш ніж прийняти остаточне рішення про вихід на міжнародні ринки, підприємство повинно оцінити можливий ризик і свою здатність діяти в світовому масштабі, що вимагає аналізу не тільки маркетингового, але і фінансового, виробничого, науково-технічного, кваліфікаційного, інтелектуального та іншого потенціалу підприємства.

По-друге, підприємство повинно обґрунтувати основні конкурентні переваги своєї продукції і потенціалу в цілому, за рахунок яких воно могло б завоювати ті чи інші позиції на зарубіжних ринках.



Рисунок 1 – Модель управління диверсифікацією зовнішньоекономічної діяльності вітчизняних підприємств

По-третє, керівництво підприємства приймає рішення про те, на які ринки компанія буде виходити.

По-четверте, визначаються конкретні моделі виходу на ринок.

По-п'яте, необхідно враховувати визначення стратегічних цілей в системі координат «товари – ринки».

Диверсифікація зовнішньоекономічної діяльності підприємств націлена не на реалізацію випадкових експортних можливостей, а на систематичну планову роботу з дослідження зарубіжних ринків і вибору найбільш вигідних з них. Саме цей аспект часто не береться до уваги вітчизняними підприємствами. Кінцевою метою диверсифікації ЗЕД підприємства виступає підвищення її ефективності.

В основу розробки понятійно-методологічної моделі механізму диверсифікації покладено знання законів і принципів організації сфер діяльності, чий методи, інструменти, важелі і процедури використовуються в ході його побудови. Цінність ефективної моделі управління диверсифікацією полягає в її універсальній здатності адаптувати зміни внутрішнього середовища до нових завдань і умов світового ринку (рис. 1).

У рамках моделі диверсифікації можливо комплексно і взаємопов'язано застосовувати різні методи і інструменти техніко-економічного планування та регулювання.

Оцінка економічної ефективності диверсифікації зовнішньоекономічної діяльності повинна обов'язково враховувати досягнення необхідної ефективності відхилення фактичних показників від планових. У разі виявлення відхилень розробляються коригувальні дії і визначаються напрямки вдосконалення процесів диверсифікації.

Висновки. Процес управління диверсифікацією повинен носити безперервний характер. Крім безперервності управління повинно бути циклічним, так як зміни ринкової ситуації і реакції споживачів повинні відображатися в плануванні подальшої діяльності. Тому модель управління диверсифікацією зовнішньоекономічної діяльності вітчизняних підприємств дозволить підвищити обґрунтованість прийнятих рішень, забезпечити гнучкість і оперативність управління, комплексно і систематично враховувати фактори зовнішнього і внутрішнього оточення підприємств, а також специфіку їх діяльності.

Диверсифікація зовнішньоекономічної діяльності вітчизняних підприємств повинна привести не тільки до підвищення конкурентоспроможності окремих економічних суб'єктів господарювання, а й в цілому до підняття престижу країни, зміни її місця на світових товарних ринках.

ЛІТЕРАТУРА

1. Helmut Asche, Philipp Neuerburg, Matteo Menegatti Economic diversification strategies: A key driver in Africa's new industrial revolution /UNIDO/ Development policy, statistics and research branch working paper 2/2012, the General Conference Fourteenth Session, 28 November- 2 December 2011, Vienna, Austria.
2. Derunova E. A., Ustinova N. V., Derunov V. A., Semenov A. S. Modeling of diversification of market as a basis for sustainable economic growth. Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast, 2016, no. 6, pp. 91-109. DOI: 10.15838/esc/2016.6.48.5
3. Tu, J., and G. Zhou (2011): "Markowitz Meets Talmud: A Combination of Sophisticated and Naive Diversification Strategies," Journal of Financial Economics, 99, 204–215.
4. Miebs, Felix, Diversifying Diversification Strategies: Model Averaging in Portfolio Optimization (February 27, 2012). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2011969> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2011969>
5. Грозний І. С. Подход к параметризации модели диверсификации внешнеэкономических взаимодействий Украины /І. С. Грозний, Р. В. Прокопенко/ Вісник ДГМА №2 2015. – С.79-83.
6. Грозний І. С. Економічні наслідки російсько-українського конфлікту 2014 р / І. С. Грозний, Р.В. Прокопенко/ «Схід» Аналітично-інформаційний журнал: Маріуполь: 2015., № 2 (134), спецвипуск – С. 129-133.
7. Украина опустилась на одну позицию в рейтинге самых конкурентоспособных экономик / Електроний ресурс – Режим доступу: <https://www.rbc.ua/rus/news/ukraine-opustilas->

odnu-pozitsiyu-reytinge-1496300910.html<https://www.rbc.ua/rus/news/ukraina-opustilas-odnu-pozitsiyu-reytinge-1496300910.html>

Костенко А.М.

**ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЙ УКРАИНЫ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ**

В статье обоснованы подходы к диверсификации внешнеэкономической деятельности в условиях глобализации. Доказано, что процесс управления диверсификацией должен носить непрерывный характер. Предложен механизм управления диверсификацией внешнеэкономической деятельности отечественных предприятий, который позволит повысить обоснованность принимаемых решений, обеспечить гибкость и оперативность управления, в целом приведет к поднятию престижу Украины, изменения его места на мировых товарных рынках.

Ключевые слова: управление, диверсификация, модель внешнеэкономической деятельности, конкурентоспособность.

Kostenko A.M.

**DIVERSIFICATION OF FOREIGN ECONOMIC ACTIVITY OF ENTERPRISES OF
UKRAINE IN CONDITIONS OF GLOBALIZATION**

In the article the approaches to diversification of foreign economic activity in conditions of globalization are grounded. It is proved that the process of management of diversification needs to be ongoing. The author proposed mechanism to manage the diversification of foreign trade activities of domestic enterprises, which will improve the validity of decisions to ensure flexibility and efficiency of management, which will lead to the lifting prestigiously, changes its place on the world commodity markets.

Keywords: management, diversification, the model of foreign economic activity, competitiveness.

Петренко О.І., Андреева О.Д.

УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ КОНЦЕПЦІЇ ВИРОБНИЦТВА JUST IN TIME

Стаття присвячена обґрунтуванню доцільності застосування логістичної концепції «just-in-time» та виділенню основних проблем її впровадження у виробничий процес вітчизняних підприємств, визначенню переваг, які досягаються при цьому.

В статті описана концепція «just-in-time», яка є популярною на сьогоднішній день серед іноземних та вітчизняних підприємств. Визначені основні риси концепції, перераховані переваги та недоліки даної логістичної стратегії управління запасами. Представлені українські компанії, які практикують систему «just-in-time», проаналізований їх досвід. Зроблені висновки щодо впровадження концепції «точно в термін» на вітчизняних підприємствах та виявлені проблеми, з якими вони стикаються, а саме: низька надійність постачальників, недостатня кваліфікація управлінського, основного та обслуговуючого персоналу, застарілість технічної та технологічної бази, політична та економічна нестабільність.

Ключові слова: логістична концепція, точно в термін, запаси, матеріальні ресурси.

Постановка проблеми. Світовий та національний досвіди господарювання свідчать, що популярною практикою підвищення конкурентоспроможності підприємств є логістична концепція управління. Особливої актуальності вона набуває в період кризи, коли підприємства повинні організувати свою діяльність так, щоб мінімізувати витрати, пов'язані з рухом та зберіганням товарно-матеріальних цінностей від первинного джерела до кінцевого споживача. Тому, головною метою логістичної концепції управління є збалансування рівня сервісу і величини логістичних витрат для підвищення конкурентоспроможності підприємств. Використовуючи логістичну концепцію управління, шляхом організації закупівель і розподілу, вітчизняні підприємства можуть досягти зниження рівня витрат і поліпшення якості постачань, підвищити можливості адаптації підприємств до запитів ринку, гарантувати певний сервіс споживачам і, тим самим, отримати додаткові конкурентні переваги на ринку [1]. Однією із найпоширеніших логістичних концепцій на сьогоднішній день є концепція «just-in-time».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Засади логістичної концепції управління висвітлені у працях Бондарчук В., Васюк І., Гудзь П., Молдован Л, Кабанець І., Кальченко А., Курдицького С., Луїс Р., Рудюк Л., Тяпухін А., Фролової Л. [1]. А проблемами логістичної концепції «just-in-time» займалися саме такі науковці та економісти, як: Смирнов І.Г., Пристай Р., Імаї М., Яценко Б.П. тощо [2].

Невирішена раніше частина загальної проблеми. Незважаючи на те, що існує чимало наукових праць, в яких представлені різні питання щодо логістичних концепцій управління, але недостатньо уваги приділено логістичній концепції «just-in-time» та досвіду впровадження її на вітчизняних підприємствах.

Мета статті. Обґрунтування доцільності застосування логістичної концепції «just-in-time» та виділення основних проблем її впровадження у виробничий процес вітчизняних підприємств, визначення переваг, які досягаються при цьому.

Виклад основного матеріалу дослідження. Система постачання «точно в термін», яку ще називають концепцією «0 запасу» - це система організації постачання, яка ґрунтується на синхронізації процесів доставки матеріальних ресурсів у необхідній кількості й на той момент,

коли ланка логістичної системи їх потребує, з метою мінімізації витрат, пов'язаних із створенням запасів. Дана система була розроблена в японській автомобільній компанії Toyota в кінці 50-х років XX ст. Причиною того, що японці прийшли до цієї ідеї є перенаселеність країни з обмеженими ресурсами. В Японії «брак» вважається необґрунтованими витрати, а запаси – втратами тому, що вони займають простір і пов'язують ресурси [9].

Початковим гаслом концепції «точно в термін» було потенційне виключення запасів матеріалів, компонентів і напівфабрикатів у виробничому процесі складання автомобілів і їх основних агрегатів. Вихідною постановкою було те, що якщо виробничий графік завдань задано (абстрагуючись поки від попиту або замовлень), то можна так організувати рух матеріальних потоків, що всі матеріали, компоненти і напівфабрикати будуть надходити в необхідній кількості, в потрібне місце (на складальній лінії - конвеєрі) і точно до призначеного терміну для виробництва або збірки готової продукції. При такій постановці страхові запаси, які відволікають грошові кошти фірми, виявлялися не потрібні [6].

Таким чином, логістичну концепцію «точно в термін» можна охарактеризувати наступними основними рисами:

- мінімальними (нульовими) запасами матеріальних ресурсів, незавершеного виробництва, готової продукції;
- короткими виробничими і логістичними циклами;
- невеликими обсягами виробництва готової продукції й поповнення запасів (постачань);
- взаєминами по закупівлях матеріальних ресурсів із невеликим числом надійних постачальників і перевізників;
- ефективною інформаційною підтримкою;
- високою якістю готової продукції і логістичного сервісу [7].

Аналіз джерел [3-4; 8-9] дозволив виділити позитивні та негативні сторони впровадження даної логістичної концепції на виробничих підприємствах. До переваг концепції «точно в термін» можна віднести:

- 1) зменшення рівня матеріальних запасів у процесі виробництва, закупівель і готових виробів;
- 2) зменшення розмірів виробничих приміщень;
- 3) зменшення витрат на складування і переміщення матеріалів;
- 4) зменшення браку, простоїв устаткування і персоналу;
- 5) підвищення якості вироблюваної продукції;
- 6) підвищення рівня продуктивності;
- 7) участь робочих у вирішенні проблем;
- 8) своєчасність доставки;
- 9) зростання оборотності активів;
- 10) скорочення виробничого циклу та термінів підготовки до виробництва;
- 11) підвищення гнучкості при зміні товару;
- 12) зменшення необов'язкової роботи;
- 13) зменшення ймовірності надвиробництва.

До недоліків системи «точно в термін» слід віднести:

- 1) низькі запаси роблять будь-які збої в роботі логістичної системи критичними;
- 2) складність забезпечення високої узгодженості між стадіями виробництва продукції;
- 3) введення системи може вимагати великих змін, яких важко досягнути на практиці;
- 4) зростання транспортних витрат (може виявитися дешевше зберігати товар на складі, ніж постійно поставляти його);
- 5) погіршення економічної та політичної ситуації в країні (зростання цін на енергоносії, війна тощо);
- 6) залежність від постачальників;
- 7) зростання додаткових робіт, які постійно необхідно проводити при розвантаженнях;
- 8) можливість простоїв серед робітників;

9) можливі проблеми в організації даної логістичної концепції, оскільки потрібний професійний рівень підготовки менеджерів, які будуть відповідати за роботу даної системи.

Кінцева мета системи «точно в термін» – це система, яка забезпечує плавний і швидкий потік матеріалів через систему. Основна ідея полягає в тому, щоб зробити процес якомога коротше, використовуючи ресурси оптимальним шляхом. Ступінь досягнення цієї мети залежить від того, наскільки досягнуті додаткові цілі, такі як:

- 1) виключення збоїв і порушень процесу виробництва;
- 2) досягнення гнучкості системи;
- 3) скорочення часу підготовки до процесу і всіх виробничих термінів;
- 4) зведення до мінімуму матеріальних запасів;
- 5) усунення необґрунтованих витрат.

Збої та порушення процесу мають негативний вплив на систему, порушуючи плавний потік виробів, тому їх необхідно виключити. Зриви викликаються найрізноманітнішими факторами: низькою якістю, несправністю обладнання, змінами в графіках, запізненням поставок. Всі ці фактори слід по можливості виключити. Час підготовки і виробничі терміни продовжують процес, нічого не додаючи при цьому до вартості виробу. Крім того, тривалість цих термінів негативно впливає на гнучкість системи. Отже, їх скорочення дуже важливо і є однією з цілей безперервного вдосконалення.

Як правило, в системах «точно в термін» діють дуже тісні зв'язки з постачальниками, які повинні забезпечити часте постачання невеликих партій високоякісних виробів. У традиційній виробничій системі, покупці самі стежать за якістю продукції, яку закупають, перевіряючи партії поставок на якість і кількість, і повертаючи неякісний товар назад постачальнику для доопрацювання і заміни. У «точнотермінових» системах резервного часу практично немає, тому неякісні вироби порушують плавний рух роботи через систему [8].

Стратегія «точно в термін» не є універсальною і застосовується не завжди, тому що її реалізації стають на заваді такі важливі чинники, як: незадовільна якість продукції, порушення термінів постачання й оплати за товар, помилки і збої в передачі інформації між замовником і постачальниками. Тому величезні витрати, пов'язані з реалізацією методу закупівель «точно в термін», ефективні тільки в стабільно працюючих економічних системах за умов довгострокових господарських зв'язків. Нарешті, підвищення цін на транспортні витрати може призвести до того, що Just-in-time виявиться неефективною системою для якогось конкретного випадку. Цілком можлива ситуація, коли вигідніше буде зберігати товар на складі, ніж постійно довозити його [9].

Практика використання логістичної концепції «точно в термін» виробничим підприємствам дозволяє на 30-50% скоротити всі види запасів матеріальних ресурсів, на 25-45% - тривалість руху продукції від первинного джерела сировини до кінцевого споживача, знизити витрати на виробництво – на 10-20%, час реалізації скоротити в два рази, запаси готової продукції – на 33%, запаси незавершеного виробництва – на 80%, прискорити оборотність оборотного капіталу підприємства, підвищити рівень задоволеності споживачів якістю товарів і сервісу [2; 5] та сформувати високі фінансові результати діяльності, що робить також свій внесок у забезпечення їхньої довгострокової життєдіяльності [1].

Першим виробником в Україні, який перейшов на систему «точно в термін» є ПрАТ «Чумак». Також серед українських компаній, які практикують дану логістичну систему, можна виділити такі, як «Сармат», ПрАТ «АВК», «Торговий дім Харківський жиркомбінат», «Торговий дім Львівський жиркомбінат», «Агрокосм», «Кримський ТИТАН», «Сан Інтербрю Україна», «Ніссан Мотор Україна», «Криворізький завод гірничого обладнання», «Крафт Фудз Україна», горілчаний завод «Неміров». Запровадження системи «точно в термін» на вище вказаних підприємствах призвело до випуску виробничих партій невеликого розміру, скорочення часу підготовки до виробництва та обмеження обсягу незавершеного виробництва [2; 9].

Висновки та пропозиції. Отже, розглянувши найбільш поширену у світі концепцію управління запасами «just in time», можна зробити висновок, що вона має ряд переваг

порівняно із традиційними підходами, тому є доцільним її впровадження на вітчизняних підприємствах.

Проте, не дивлячись на зростання кількості українських підприємств, які переходять до системи «точно в термін», та покращення якості наданих послуг та товарів на них, потрібно відмітити проблеми, з якими стикаються підприємства, а саме: низька надійність постачальників, недостатня кваліфікація управлінського, основного та обслуговуючого персоналу, застарілість технічної та технологічної бази, політична та економічна нестабільність.

Тому для забезпечення успішного впровадження розглянутої системи до управління запасами на підприємствах України необхідно розв'язати проблему надійності та якості постачання шляхом встановлення тісних зв'язків з широким колом постачальників або забезпечення підприємствами завершеного виробничого циклу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко Є. О. Логістичне управління підприємством – запорука його конкурентоспроможності [Електронний ресурс] / Є. О. Бойко. – Режим доступу: http://consult-center.com.ua/wp-content/uploads/2014/02/%D0%91%D0%BE%D0%B9%D0%BA%D0%BE_%D0%95%D0%9E.pdf.
2. Вовчок О. «Канбан» та «Точно в термін» [Електронний ресурс] / О. Вовчок, А. Тураджикян. – Режим доступу: <http://conf-cv.at.ua/forum/40-266-1>.
3. Водянюк Н. Д. Практичне впровадження логістичної системи «точно в термін» [Електронний ресурс] / Н. Д. Водянюк. – Режим доступу: <http://conf-cv.at.ua/forum/40-264-1>.
4. Вольвач І. Ю. Досвід впровадження логістичної концепції виробництва «JUST-IN-TIME» / І.Ю. Вольвач // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – № 4, Т. 2. – с. 250-253.
5. Миколюк О. А. Just-in-time [Электронный ресурс] / О. А. Миколюк. – Режим доступа: <http://www.myshared.ru/slide/1099487>.
6. Миротин Л. Б. Основы логистики: Учеб. пособие / Л. Б. Миротин, В. И. Сергеев. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 200 с.
7. Сергеев В. И. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы / В. И. Сергеев. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 976 с.
8. Системи «точно-в-строк» (Just-in-time): розробка та впровадження [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://easy-code.com.ua/2012/08/sistemi-tochno-v-strok-%E2%80%8B%E2%80%8Bjust-in-time-rozrobka-ta-vprovadzheniya-komerciya-rizne-statti>.
9. Слободяник Н. П. Перспективи впровадження системи «точно в термін» на вітчизняних підприємствах [Електронний ресурс] / Н. П. Слободяник, М. В. Чорненька. – Режим доступу: <http://nauka.kushnir.mk.ua/?p=52683>.

Петренко О.И., Андреева Е.Д.

УКРАИНСКАЯ ПРАКТИКА ВНЕДРЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ ПРОИЗВОДСТВА JUST IN TIME

Статья посвящена обоснованию целесообразности использования логистической концепции «just-in-time» и выделению основных проблем ее внедрения в производственный процесс отечественных предприятий, определению преимуществ, которые достигаются при этом.

В данной статье описана концепция «just-in-time», которая является популярной на сегодняшний день среди иностранных и отечественных предприятий. Определены основные черты концепции, перечислены преимущества и недостатки данной логистической стратегии управления запасами. Представлены украинские компании, которые практикуют систему «just-in-time», проанализирован их опыт. Сделаны выводы по внедрению концепции на отечественных предприятиях и выявлены проблемы, с которыми они сталкиваются, а

именно: низкая надежность поставщиков, недостаточная квалификация управленческого, основного и обслуживающего персонала, устаревание технической и технологической базы, политическая и экономическая нестабильность.

Ключевые слова: *логистическая концепция, точно в срок, запасы, материальные ресурсы.*

Petrenko O., Andreeva E.

UKRAINIAN PRACTICE OF THE LOGISTICS CONCEPTION'S LAUNCH «JUST-IN-TIME» FOR A PLANT

In this article it is justified how helpful it is to use the logistics conception «just-in-time», and it singles out such main problems as the implementation of this conception into the operating process of some domestic enterprises. The advantages, which are achieved with it, were also defined.

The article under review describes the conception «just-in-time», which is popular nowadays among the foreign and domestic enterprises. The main features of this conception were defined; there is a listing of advantages and disadvantages of this logistics storekeeping strategy. Some Ukrainian companies, which make a practice of the system «just-in-time», were represented, and their experience was analyzed. The article draws conclusions about the conception's launch into the domestic enterprises, and it identifies the problems they face, which are unreliability of the suppliers, insufficient skills of the executive, substantive and service staff, the obsolescence of the technical and technological base, political and economic instability.

Keywords: *logistics conception, just-in-time, storekeeping, physical resources.*

Варикаша О.С.

ТЕНДЕНЦІЇ ТА СВІТОВИЙ ДОСВІД ІННОВАЦІЙ У ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ, УКРАЇНСЬКІ РЕАЛІЇ

У статті розглянута політика провідних країн світу щодо інноваційного вдосконалення транспорту, основні тенденції впровадження інновацій у транспортних технологіях. Приділяється увага українським реаліям щодо можливостей впровадження світового досвіду інновацій у транспорті, визначено пріоритетні напрямки розвитку галузі.

На шляху розвитку і впровадження інновацій у транспортній галузі України постає певний ряд труднощів, серед них, зокрема: недостатній фінансовий ресурс через падіння обсягів перевезень, мала рентабельність підприємств транспортно-дорожнього комплексу, застаріла матеріально-технічна база, низький рівень державного втручання в регулювання тарифів на перевезення; недостатність наукових досліджень задля якісних змін у галузі; повільний процес структурного реформування та ін.

Вирішення цих та інших проблем у транспортній галузі є нагальною необхідністю, без якої неможлива подальша успішна інтеграція в глобальну транспортну систему. Світова спільнота, в свою чергу, надає свій досвід для більш успішного реформування та інноваційного розвитку транспортної галузі України.

Ключові слова: інновації транспорту, транспортні технології.

Постановка проблеми. Послугами транспорту користуються всі галузі господарства, практично все населення держав світу, у тому числі й України. У наш час пасажиро- та вантажоперевезення здійснюються на такі відстані, так швидко і, здебільшого, дешево, як ніколи раніше. Це стає можливим завдяки інтенсивній глобалізації транспорту і своєчасному впровадженню інноваційних технологій у галузь.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У наш час важко переоцінити значення впровадження новітніх технологій у транспортній галузі, ці заходи мають величезне значення для економіки будь-якої держави і, зокрема, відіграють провідну роль для інтеграції України у світову транспорту систему, як найбільшої європейської держави з потужним транзитним потенціалом. У сучасній науковій літературі приділяється багато уваги проблемам впровадження інновацій у сфері транспорту та пріоритетним напрямкам інноваційного розвитку транспорту в Україні.

Дослідженням проблематики галузі займалися такі вчені, як: Михайличенко К.М., Собкевич О.В., Кирьянов О.Ф. та ін.

Мета статті полягає в аналізі сучасних тенденцій у сфері новітніх транспортних технологій у світі та визначенні пріоритетних напрямків впровадження інновацій у транспорті України.

Виклад основного матеріалу. Транспорт є надзвичайно важливою складовою світової економіки, бо жодна держава не може комплексно розвиватися без транспортної системи. Тому ефективне впровадження інновацій у цій галузі стає пріоритетним завданням у планах розвитку світової транспортної системи.

Автотранспорт. У наш час серед населення будь-якої країни існує тенденція до збільшення попиту на приватні автомобілі, що особливо помітно у країнах, що розвиваються. Саме збільшення кількості автомобілів і пов'язані з цим екологічні наслідки спровокували розробку екологічно чистих автомобілів, що працюють на альтернативних джерелах енергії. Так, у Норвегії кожний третій куплений автомобіль – електричний, а загальна кількість

електромобілів – вже приблизно 5% від загальної. Паркування і зарядка таких автомобілів у країні є безкоштовною, також власники можуть пересуватися безкоштовно платними для бензинових автомобілів автошляхами, законно – смугами шляхів виділеними для пересування громадського транспорту.

Також з особистим автотранспортом пов'язана тенденція до спільного використання автомобілів у містах багатьох країн світу, що передбачає взяття автомобіля напрокат і користування ним доки є потреба, що дає змогу зменшити кількість особистих автомобілів.

Автомобілі стають все інтелектуальнішими, світовими виробниками у недалекому майбутньому анонсовані обладнані датчиками автомобілі, що зможуть відслідковувати характеристики автомобіля та сповіщати водія про необхідність ремонту, переключати автомобіль з одного виду пального на інший, залежно від обставин руху, а бортове програмне забезпечення зможе знаходити і самостійно ліквідувати збої в роботі системи без втручання водія.

Великий обсяг автомобілів створює проблему усіх великих міст – затори. Наразі для боротьби із ними у світі застосовують зокрема платні автошляхи. У таких містах як, наприклад, Лондон та Стокгольм тестується система, за якої проїзд автошляхом у часи найбільшої його завантаженості коштує дорожче, ніж у час, коли рух помірний.

Громадський транспорт. У великих містах розвинутих країн давно популярна практика запровадження єдиного проїзного документа на всі види громадського транспорту, що, безумовно, спрощує процес користування ним. Також вже існує технологія, завдяки якій в режимі онлайн користувачі можуть отримати інформацію щодо вільних місць у найближчому транспорті, така інформація може бути передана споживачу в різноманітних форматах, у тому числі і голосовим або віброповідомленням, що дуже важливо для користувачів з обмеженими можливостями.

Морський транспорт – галузь, яка, мабуть, найбільше потребує інноваційних змін і реорганізації, бо змінюється набагато повільніше ніж, наприклад, наземний.

Великою проблемою портів світу є те, що між ними існують суттєві відмінності й, на думку експертів, буде доцільно максимально уніфікувати їх діяльність задля покращення управління транспортними потоками, вдосконалити системи документообігу.

Безпілотні технології можуть бути застосовані в судноплавстві. Так, раніше ці технології були прерогативою військових сил, однак, зараз Норвегія планує стати першою у світі країною, яка найближчим часом введе в експлуатацію повністю автономне електричне комерційне вантажне судно – контейнеровоз. Будівництво першого у світі безпілотного контейнеровозу планують завершити до кінця 2018 року.

Електричний безпілотний корабель матиме змогу перевозити близько 100 контейнерів із швидкістю від 12 до 15 вузлів на відстань більше 65 морських миль, що дорівнює 120 кілометрам. Втім, навіть після вводу в експлуатацію спершу планується дистанційне управління судном, а вже з 2020 року запланована його повна автономізація. Очікується, що автономність таких суден знизить транспортні витрати в судноплавстві на 22%, адже не буде витрат на утримання екіпажу.

Круїзна компанія Royal Caribbean працює над розробкою суден, які отримуватимуть енергію від паливних елементів на зрідженому газі, що дасть змогу значно скоротити кількість шкідливих викидів. Повідомляється, що завершення створення першого прототипу заплановане на 2022 рік і його нові двигуни вироблятимуть тільки воду.

Авіаційний транспорт. Світові авіакомпанії роблять подорож літаком усе доступнішою. Наприклад, одна з італійських компаній запропонувала крісла SkyRider, за допомогою яких можна одночасно перевозити більше пасажирів. Саме сидіння схоже на сидло й пасажир сидячи на ньому може підібрати ноги під себе, завдяки чому займає набагато менше місця, ніж за умови сидіння у звичайному кріслі. Звичайно, такі перельоти будуть суттєво менш комфортними, проте дешевшими.

Прикладом успішного застосування інноваційних технологій є компанія Boeing та її пасажирський літак Boeing 787, в конструкції якого використані композитні матеріали,

завдяки чому вдалося на 65% збільшити ілюмінатори, знизити масу повітряного судна, зменшити викиди шкідливих речовин на 20%.

Залізничний транспорт. Німецька залізниця тестує нову технологію безбілетного проїзду, яка дозволяє автоматично сплачувати за проїзд, електронна система списуватиме кошти ідентифікуючи пасажирів через його мобільний телефон. Також німецька залізниця активно впроваджує технології 3D друку у своїй діяльності. Наразі завдяки роботі таких принтерів вже було створено більше тисячі деталей для потягів. До кінця 2018 року запланований друк більше 15 тисяч деталей, сучасний рівень розвитку технології дозволяє робити точні копії існуючих деталей, без процесу створення ескізів чи моделей.

Нідерланди нині вже повністю перевели свою електрифіковану залізницю на енергію вітру з 2017 року. Наразі у Нідерландах функціонує залізнична мережа у 2,9 тис. кілометрів, електрифіковані з них близько 2,1 тис. кілометрів. На неелектрифікованих ділянках залізничні перевізники застосовують локомотиви із дизельною тягою.

Світове метро. Проект, що вражає своєю амбіційністю, був запропонований засновником компанії, що виготовляє електромобілі Tesla Ілоном Маском, ще у 2012 році. Проект має назву Hyperloop, чи, як прозвали його журналісти – «світове метро». Hyperloop – це потяг, що має форму капсули.

У дорогах-тунелях, якими він пересуватиметься, майже немає повітря, за задумом автора за умов відсутності тертя і повітряного опору потяг буде розганятися до 1200 км/год. Набирання швидкості та гальмування буде здійснюватися за рахунок електромагнітного поля. За задумом розробників, у одній капсулі одночасно зможуть подорожувати 28 пасажирів.

Зараз розвитком цієї концепції займаються дві компанії Hyperloop Transportation Technologies і Hyperloop One. Нині проект вже схвалила влада Чехії та Словаччини, планується побудувати тунель, що буде з'єднувати Братиславу із містами Брно та Прагою. Також до ідеї долучилася ОАЕ, на стадії переговорів Австралія. Наразі планується будівництво трьох напрямків протягом 5 найближчих років, які згодом об'єднають в єдину мережу

У 2016 році Hyperloop One опублікувала відео першого випробування вакуумного потяга. А перший тестовий трек планують побудувати в Каліфорнії вже в 2017.

Україна. Вітчизняні пріоритетні напрямки розвитку інновацій на період 2012-2021 рр. викладені у Законі України «Про пріоритетні напрямки інноваційної діяльності в Україні», де зокрема зазначені програми з розвитку транспортної системи, судно- і авіабудування [1].

Серед пріоритетних напрямків інноваційної діяльності щодо транспортної системи на найближчі 10 років Законом визначені такі:

- створення, впровадження і експлуатація швидкісних і високошвидкісних пасажирських поїздів;
- заходи щодо ремонту і оновлення існуючого рухомого складу із застосуванням сучасних технологій; розробка і створення нових технологій і техніки у суднобудуванні;
- розробка і створення нових технологій і техніки у авіабудуванні;
- розробка, створення і впровадження інформаційних та навігаційних систем, що відповідають сучасному рівню розвитку технологій;
- осучаснення інфраструктури; модернізація міжнародних транспортних шляхів; розвиток логістики у транспорті [2,3].

Впровадження інновацій у транспортних технологіях є одним з ключових напрямків «Транспортної стратегії України на період до 2020 р.», реалізація цих ідей буде модернізацією транспортної системи задля підвищення її безпеки, екологічності, ефективності, дасть змогу вдало інтегрувати вітчизняну транспортну систему до світової. [4]

Задля реалізації цих намірів необхідно приділити увагу таким нагальним проблемам, як:

- будівництво і реконструкція автомобільних доріг із застосуванням новітніх матеріалів і сучасних технологій;

- модернізація залізничного транспорту задля досягнення більшої швидкості та безпеки перевезень, із заміною та реставрацією тягового рухомого складу, вантажних і пасажирських вагонів, колійного господарства;

-реалізація інноваційних програм в авіації передбачає дотримання вимог Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) та Євросоюзу;

-створення необхідних умов задля реалізації ідеї єдиного європейського неба; у галузі морського транспорту інновації перш за все мають на меті реалізацію інвестиційних проєктів інфраструктурної розбудови морських портів та модернізацію системи управління галуззю, технічне і технологічне оновлення;

-у сфері транспортної логістики особливої уваги заслуговує проблема прикордонного контролю, впровадження новітніх інформаційних технологій, «інтелектуальних» систем (ITS) та ін. [5, 6]

Висновок. На шляху розвитку і впровадження інновацій у транспортній галузі України постає певний ряд труднощів, серед них, зокрема: недостатній фінансовий ресурс через падіння обсягів перевезень, мала рентабельність підприємств транспортно-дорожнього комплексу, застаріла матеріально-технічна база, низький рівень державного втручання в регулювання тарифів на перевезення; недостатність наукових досліджень задля якісних змін у галузі; повільний процес структурного реформування та ін.

Вирішення цих та інших проблем у транспортній галузі є нагальною необхідністю, без якої неможлива подальша успішна інтеграція в глобальну транспортну систему. Світова спільнота, в свою чергу, надає свій досвід для більш успішного реформування та інноваційного розвитку транспортної галузі України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» від 08.09.2011 р. № 3715-VI // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2012, N 19-20, ст.166. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/3715-17>

2. Постанова КМУ «Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності загальнодержавного рівня на 2012-2016 рр.» № 294 від 12.03.2012 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/294-2012-%D0%BF>

3. Постанова КМУ «Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності галузевого рівня на 2012-2016 рр.» від 17.05.2012 р. № 397 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/397-2012-%D0%BF>

4. Розпорядження КМУ від 20.10.2010 № 2174-р «Про схвалення Транспортної стратегії України на період до 2020 р.» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80>

5. Міністерство інфраструктури України створює єдиний інформаційний простір в галузі морського та річкового транспорту. Прес-служба МТУ від 20.07.2011 [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=244397440&cat_id=244277212

6. Міністр інфраструктури представив проєкти розвитку транспортної системи України на Міжнародному транспортному Форумі у Лейпцигу [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.mtu.gov.ua/uk/news/2013-05-23/33947.html>

Варикаша Е.С.

ТЕНДЕНЦИИ И МИРОВОЙ ОПЫТ ИННОВАЦИЙ В ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ, УКРАИНСКИЕ РЕАЛИИ

В статье рассмотрена политика ведущих стран мира относительно инновационного усовершенствования транспорта, основные тенденции внедрения инноваций в транспортных технологиях. Уделяется внимание украинским реалиям относительно возможности внедрения мирового опыта инноваций в транспорте, определено приоритетные направления развития отрасли.

На пути развития и внедрения инноваций в транспортной отрасли Украины возникает определенный ряд проблем, среди них, в частности: недостаточный финансовый ресурс из-за падения объемов перевозок, должна рентабельность предприятий транспортно-дорожного комплекса, устарела материально-техническая база, низкий уровень государственного вмешательства в регулировании тарифов на перевозки; недостаточность научных исследований для качественных изменений в отрасли; медленный процесс структурного реформирования и др.

Решение этих и других проблем в транспортной отрасли является насущной необходимостью, без которой невозможна дальнейшая успешная интеграция в глобальную транспортную систему. Мировое сообщество, в свою очередь, предоставляет свой опыт для более успешного реформирования и инновационного развития транспортной отрасли Украины.

Ключевые слова: инновации транспорта, транспортные технологии.

Varykasha O.

TRENDS AND WORLD EXPERIENCE OF INNOVATIONS IN TRANSPORT TECHNOLOGY, UKRAINIAN REALITIES

The article considered the politics of the leading countries for innovative improvements in transport branch, the main trends of innovation in transport technologies. Attention is paid to Ukrainian realities on the possibilities of implementation of the world experience of innovation in transport, determined the priority directions of the development of the industry.

The development and implementation of innovations in the transport industry of Ukraine poses a number of difficulties, among them: in particular, the lack of financial resources due to drop in volumes of transportation, low profitability of transport and road enterprises, outdated material and technical base, low level of state interference in tariff regulation transportation; lack of scientific research for qualitative changes in the industry; slow process of structural reform, etc.

Solving these and other problems in the transport industry is an urgent need, without which further successful integration into the global transport system is impossible. The world community, in turn, provides its experience for more successful reformation and innovative development of the transport industry in Ukraine.

Keywords: innovations of transport, transportation technologies.

Стрілок І.І.

ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНОГО РОЗВИТКУ МОРСЬКИХ ПОРТІВ УКРАЇНИ

Конкурентоспроможність всього національного транспортного комплексу на світовому ринку залежить достатньою мірою від ефективності функціонування морських торговельних портів.

Тому мета дослідження полягає у характеристиці сучасних тенденцій розвитку морських торговельних портів за ключовими показниками їх функціонування

У статті охарактеризовано сучасний економічний стан розвитку та функціонування морських торговельних портів. Проаналізовано основні результати фінансово-господарської діяльності морських портів: обсяги переробки вантажів, фінансове становище та стан основних засобів, освоєння капітальних інвестицій, співвідношення дебіторської та кредиторської заборгованості.

Ключові слова: морські торговельні порти, стан розвитку морських портів, ефективність функціонування.

Постановка проблеми. Конкурентоспроможність всього національного транспортного комплексу на світовому ринку залежить достатньою мірою від ефективності функціонування морських торговельних портів. Міжнародний бізнес, зокрема контейнерний, висуває сучасні вимоги до рівня їх технічного оснащення, відповідності системи управління та розвитку інфраструктури. У зв'язку з цим зростає роль морських портів у досягненні національних економічних цілей з урахуванням процесів інтеграції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведенням аналізу діяльності морських портів України займалось чимало економістів-аналітиків та вчених, серед яких такі: О.В. Собкевич [1], К.М. Михайличенко [2], А.Г. Дем'янченко [3], І.М. Ненно [4], М.С. Дьякова [5] та ін.

Невирішена частина проблеми. Попри достатню кількість наукових праць, в економіці транспорту повсякчас залишаються актуальними дослідження фінансового становища морських портів, результатів господарської діяльності та виявлення проблем їх функціонування та розвитку.

Мета дослідження полягає у характеристиці сучасних тенденцій розвитку морських торговельних портів за ключовими показниками їх функціонування.

Виклад основного матеріалу. На сьогодні інфраструктура українських морських портів морально та фізично застаріла, вантажопотоки знижуються. Необхідна їх модернізація з урахуванням того, що структура вантажопотоків дуже змінилася та нові потужності портів повинні відповідати перспективним потокам вантажів. Лише п'ята частина українських потужностей з перевалки контейнерів забезпечена вантажопотоком. Для завантаження потужностей власники перевалюють непрофільні вантажі [6].

Загальний обсяг вантажопереробки в морських портах України у 2016 р. склав 131,7 млн. тонн, що на 9 % менше порівняно з 2015 р.

Найбільша частка обсягу в 2016 р. припадає на морський порт «Южний» – 30%, що становить 39297,57 тис. тонн, проте це на 19% менше минулого року за рахунок зниження переробки рудних вантажів. Зниження вантажопереробки прослідковується також у Білгород-Дністровському МТП (-35%) за рахунок зменшення обсягів перевалки лісових вантажів унаслідок дії мораторію на експорт необробленої лісової продукції. У Маріупольському та Бердянському МТП – зниження вантажопереробки (-15%) за рахунок скорочення обсягу каботажних перевезень.

Однією з проблем функціонування морських портів є недостатнє фінансування розвитку інфраструктури. Про недостатність оборотних коштів для погашення своїх боргів свідчить низькі значення коефіцієнта покриття Ізмаїльського, Ренійського, Скадовського та Усть-Дунайського МТП (< 2). Найвище значення коефіцієнта Одеського МТП – 18,09 (табл.1).

Таблиця 1

Аналіз показників фінансового стану та стану основних засобів за 2015 р.

Назва морського торговельного порту	Коефіцієнт покриття 2-2,5		Коефіцієнт фін.стійкості >1		Коефіцієнт платоспром. >1		Ступінь зносу основних засобів	
	<i>поч.р</i>	<i>кін.р</i>	<i>поч.р</i>	<i>кін.р</i>	<i>поч.р</i>	<i>кін.р</i>	<i>поч.р</i>	<i>кін.р</i>
1.Бердянський	3,36	4,20	10,02	7,01	3,36	4,20	76,47	76,67
2.Білгород-Дністровський	2,31	4,48	20,59	27,27	2,30	4,04	79,83	80,90
3.Ізмаїльський	1,78	1,46	3,47	2,32	0,48	0,82	91,23	91,16
4. Іллічівський	2,49	4,90	5,87	7,82	1,92	3,62	81,07	82,50
5.Маріупольський	8,19	6,04	16,46	10,72	5,66	4,95	66,81	67,11
6. Миколаївський	4,84	11,10	15,43	28,76	2,91	7,15	87,16	88,27
7.Одеський	25,07	18,09	15,39	40,36	3,69	14,52	62,15	63,23
8.Ренійський	0,75	0,34	4,20	2,66	0,75	0,31	67,04	68,74
9.Скадовський	0,61	0,61	1,60	0,86	0,34	0,26	75,22	76,31
10.СМП "Октябрьск"	3,10	3,44	10,59	9,30	3,10	3,44	63,67	63,33
11.Усть-Дунайський	0,41	0,70	6,73	7,13	0,38	0,66	54,11	56,46
12.Херсонський	3,58	3,24	11,61	7,78	3,20	2,92	91,21	90,50
13.Южний МТП	4,20	7,80	2,24	2,78	0,93	1,62	59,49	59,94

Аналіз фінансової стійкості морських портів вказує на здатність оперативно реагувати на зовнішні та внутрішні стреси без зниження фінансового та виробничого потенціалу господарювання. Проте аналіз платоспроможності Ренійського МТП та Скадовського МТП свідчить про залежність підприємств від зовнішніх джерел фінансування та наявність нестійкого фінансового положення.

Портове господарство перебуває в передкритичному стані, а саме: активна частина основних фондів, насамперед кранове господарство, відпрацювало вже всі можливі терміни, а глибина та довжина причалів є недостатніми, 30% причалів підлягають капітальному або профілактичному ремонту, близько 5 км хвильомів та огорожуючих молів знаходяться в аварійному стані. Загальний середній рівень фізичного зносу портової інфраструктури оцінюється понад 90%. І хоча українські порти в цілому є прибутковими підприємствами, галузь потребує інвестицій на суму більше 3 млрд. дол. США [1, с.17].

Рентабельні порти постійно інвестують власні кошти в оновлення та модернізацію інфраструктури (Маріупольський МТП, «Южний» МТП) та залучають приватних інвесторів для спільної розробки масштабних проектів (Іллічівський МТП, СМП "Октябрьск").

Найбільший обсяг освоєних капітальних інвестицій було здійснено Маріупольським МТП – 118691 тис. грн., що становить 79 % виконання плану на 2015 р. Другий за обсягом «Южний» МТП – 113168 тис. грн., і всього 19 % від запланованих. Найменше освоєно капітальних інвестицій Скадовським МТП – 26,1 тис. грн. і виконаним планом у 2 % (рис. 1).

ДП «АМПУ» у 2015 р. передбачалось освоїти капітальні інвестиції у розмірі 715186 тис. грн. (на капітальне будівництво; придбання (виготовлення) основних засобів; придбання (виготовлення) інших необоротних матеріальних активів; придбання (створення) нематеріальних активів; модернізація, модифікація (добудова, дообладнання, реконструкція) основних засобів), а за фактом було виконано план на 59% - 420886 тис. грн.

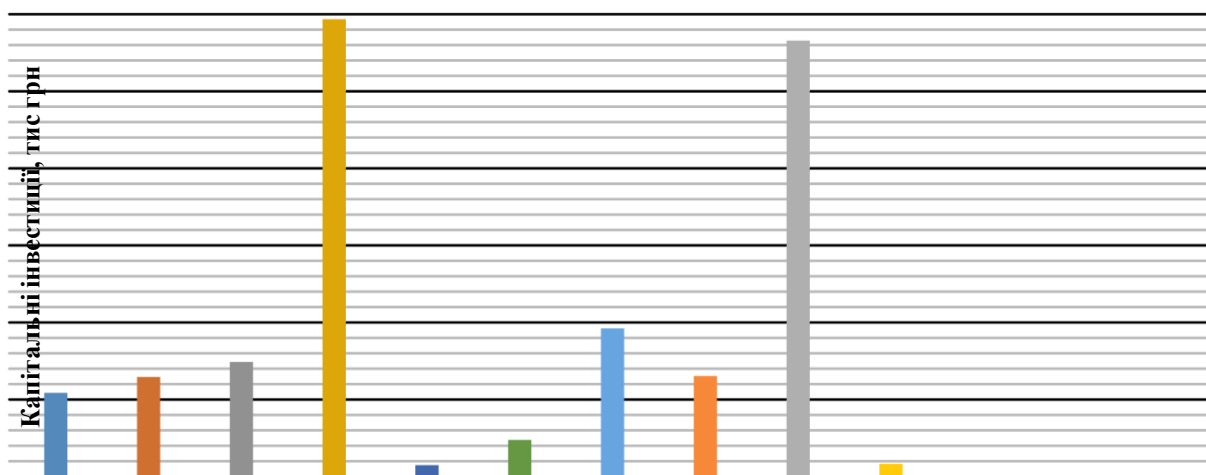


Рисунок 1 – Капітальні інвестиції морських торговельних портів за 2015 р.

Протягом останніх років порти відчували гострий дефіцит коштів на модернізацію основних фондів через невважену позицію держави й зволікання із затвердженням фінансового плану АМПУ, а також вилучення коштів портів без врахування їхніх потреб акумулювати фінансові резерви для оновлення портової інфраструктури, що унеможливило освоєння запланованих інвестицій і створило підґрунтя для зловживань [1, с. 20].

Державних цільових програм, які б передбачали розвиток морських портів, станом на сьогодні немає. Міжнародні кредити, кошти Світового та Європейського банку на реалізацію інвестиційних проектів розвитку морських портів у 2014–2015 рр. не залучалися [8].

У діяльності морських торговельних портів розрахунки з дебіторами та кредиторами мають не зовсім позитивну тенденцію, оскільки накопичені значні суми заборгованості та характерні тривалі терміни її погашення (рис. 2).

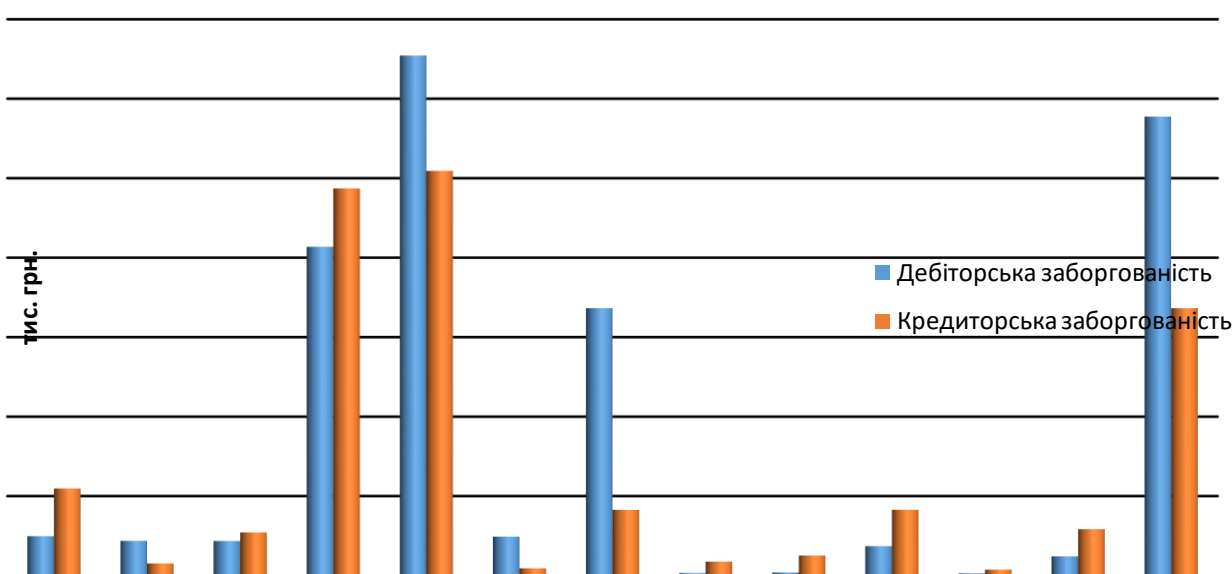


Рисунок 2 – Величина дебіторської і кредиторської заборгованості МТП за 2015 р.

Кредиторська заборгованість перевищує дебіторську в Бердянському, Ізмаїльському, Іллічівському, Ренійському, Скадовському, СМП "Октябрьск", Усть-Дунайському та Херсонському МТП більше ніж на 10%, це свідчить про те, що підприємства в майбутньому не зможуть погасити свою кредиторську заборгованість за рахунок дебіторської.

Величина дебіторської заборгованості значно перевищує кредиторську в Білгород-Дністровському, Маріупольському, Миколаївському, Одеському та «Южному» МТП, що

призводить до недоодержання грошових коштів; неможливості планування витрат і доходів на середньостроковий і довгостроковий періоди; до ризику виникнення безнадійної дебіторської заборгованості.

Дані, наведені на рис. 3, свідчать про те, що за результатами діяльності у 2014-2015 рр. спостерігається тенденція підвищення обсягів чистого доходу від реалізації продукції, робіт та послуг майже в усіх МТП, крім Ренійського та Білгород-Дністровського МТП. Серед проаналізованих портів у 2015 р. найбільший обсяг чистого доходу був отриманий «Южним» МТП – 2172548 тис. грн. та Іллічівським МТП – 1641344 тис. грн. Найменший обсяг чистого доходу отриманий Скадовським МТП – 2353 тис. грн.

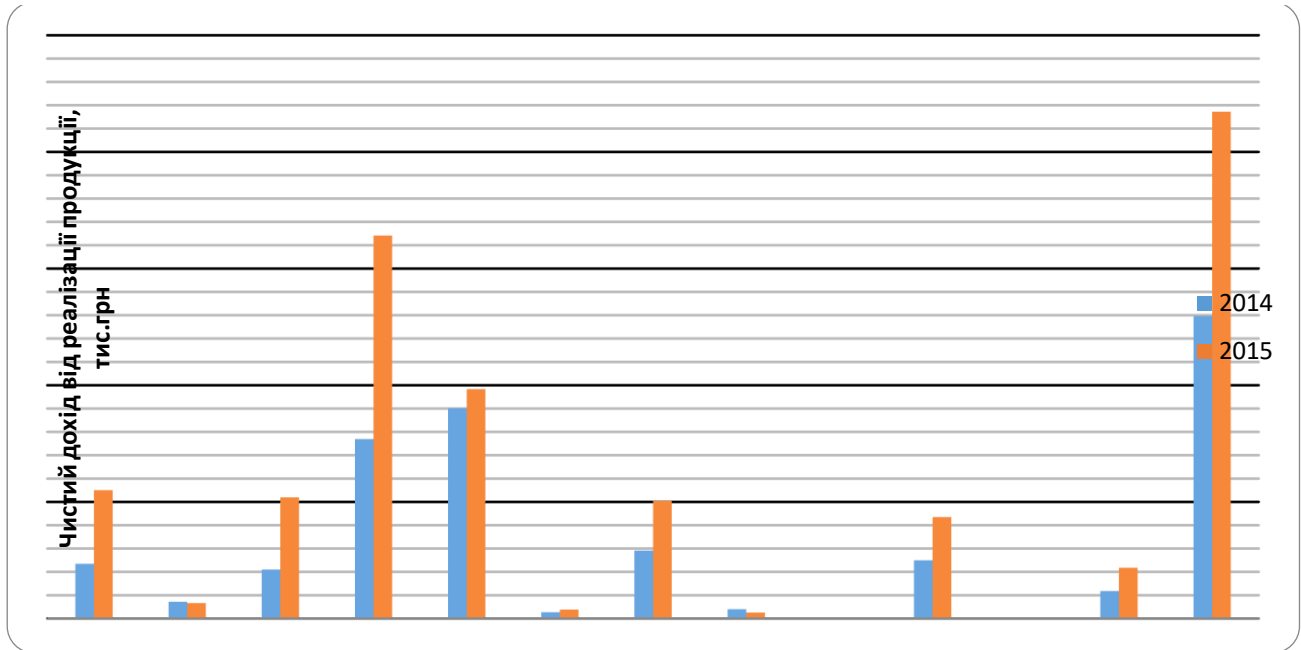


Рисунок 3 – Чистий дохід від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг) МТП 2014-2015 рр.

Всупереч Закону України «Про морські порти України» реформування морської транспортної інфраструктури не проведено. Створення Адміністрації морських портів України – державного підприємства, що мало забезпечувати функціонування морських портів, утримувати та використовувати об'єкти портової інфраструктури державної форми власності, не підвищило ефективності використання державного майна в морських портах. На сьогодні державні стивідорні підприємства, що залишилися після реорганізації, поступово втрачають обсяги переробки вантажів. При цьому обсяги переробки приватних стивідорних компаній як на власних причалах, так і на причалах ДП «АМПУ» постійно зростають. Умови і механізми для залучення інвестицій не створені. Діяльність ДП «АМПУ» з організації виконання планів розвитку морських портів, підготовки пропозицій щодо їх вдосконалення безрезультативна [9].

Висновки. Таким чином, ключовими пріоритетами в розвитку морських портів на сьогодні є такі: розвиток портової інфраструктури (днопоглиблення та реконструкція гідротехнічних споруд для приваблення вантажів); розширення технологічних можливостей інфраструктури портів для прийому імпорного вугілля; оформлення земель під стратегічними об'єктами портової інфраструктури; впровадження стандартів FIDIC, розроблених International Federation of Consulting Engineers для реалізації днопоглиблювальних проєктів в українських портах, які підтримує ЕБРР; співпраця з потенційними інвесторами; зниження ставки портових зборів.

Отже, сучасне становище морських портів потребує досконалого законодавства та оперативних управлінських рішень щодо розвитку морських портів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пріоритети державної морської політики у сфері функціонування та розвитку морегосподарського комплексу України. – К.: НІСД, 2016. – 46 с.
2. Михайличенко К.М. Розвиток портової діяльності в контексті забезпечення національних інтересів України / К.М. Михайличенко // Стратегічні пріоритети. – 2016. – С. 124-136.
3. Дем'янченко А.Г. Дослідження ефективності діяльності державних і приватних стивідорів у морських портах України / А.Г. Дем'янченко. // БІЗНЕСІНФОРМ. – 2016. – № 2. – С. 178-184.
4. Ненно І.М. Бізнес-модель розвитку морського торговельного порту / І.М. Ненно. // Вісник ОНУ ім. І.І. Мечникова. – 2016. – С. 70-74.
5. Дьякова М.С. Статистичний огляд розвитку морської портової галузі / М.С. Дьякова. // Theoretical and Practical Aspects of Economics and Intellectual Property. – 2014. – С. 282-287.
6. Контейнерные мощности в Украине [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <http://www.uspa.gov.ua/ru/press-tsentr/analitika/analitika-2016/14666-kontejnernye-moshchnosti-v-ukraine-odin-rabotaet-chetvero-smotryat>.
7. Офіційний сайт Адміністрації морських портів України [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <http://www.uspa.gov.ua/ru/>
8. Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
9. Звіт про результати аудиту ефективності виконання Міністерством інфраструктури України повноважень з управління стратегічними об'єктами державної власності, які закріплені за державним підприємством «Адміністрація морських портів України» [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: http://www.ac-rada.gov.ua/doccatalog/document/16747540/Zvit_7-2.pdf.

Стрелок И.И.

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ МОРСКИХ ПОРТОВ УКРАИНЫ

Конкурентоспособность всего национального транспортного комплекса на мировом рынке зависит в достаточной степени от эффективности функционирования морских торговых портов.

Поэтому цель исследования заключается в характеристике современных тенденций развития морских торговых портов по ключевым показателям их функционирования

В статье охарактеризовано современное экономическое состояние развития и функционирования морских торговых портов. Проанализированы основные результаты финансово-хозяйственной деятельности морских портов: объемы переработки грузов, финансовое положение и состояние основных средств, освоение капитальных инвестиций, соотношение дебиторской и кредиторской задолженности.

Ключевые слова: морские торговые порты, состояние развития морских портов, эффективность функционирования.

Strilok I.

FEATURES OF MODERN DEVELOPMENT OF SEA PORTS OF UKRAINE

The competitiveness of the entire national transport complex in the world market depends to a large extent on the efficiency of the operation of sea commercial ports.

Therefore, the purpose of the study is to characterize the current trends in the development of maritime trade ports by the key indicators of their functioning.

The article describes the current economic state of development and functioning of seaports. Analyzes the main results of financial-economic activities of sea ports: volumes of cargo handling, the financial position and condition of fixed assets, development of capital investment, the ratio of receivables and payables.

Keywords: marine trade ports, the state of development of sea ports, efficiency of operation.

Майборода А.Н., Сушко В.Г.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ

В данной работе рассматривается вероятностная оценка эффективности успеваемости как основной характеристики качества передачи студентам новой учебной информации.

Особое внимание отводится оценке качества подготовки студентов судоводительской специальности.

В статье на основе аппарата статистического анализа предлагается построение методики оценки эффективности обучения, включающей учёт начального уровня знаний и продуктивности самостоятельной работы студента.

Авторами построена методика, позволяющая оценить эффективность обучения, качество и общий уровень успеваемости, а также эффективность работы преподавателя и готовность выпускника к служебной деятельности.

Предлагаемая оценка является более наглядной и достоверной по сравнению с учетом только среднего балла.

Ключевые слова: эффективность обучения, качество успеваемости, общий уровень успеваемости, эффективность учебной деятельности преподавателя.

Анализ современного состояния и постановка проблемы. Высшая школа является образовательным центром, в котором главная роль принадлежит учебной функции – обучению, направленному на конкретную реализацию содержания образования. Именно обучение выступает основным видом деятельности педагогов и студентов, определяющим фактором высокого качества подготовки выпускников. Эффективность обучения во многом определяется умением педагогов организовать учебный процесс в соответствии с основными закономерностями учебно-познавательной деятельности обучаемых.

Поэтому проблема повышения эффективности обучения является актуальной и широко освещается в специальной литературе [1 – 4 и др.].

Традиционно под эффективностью обучения понимается высокая академическая успеваемость учащихся, определяемая как степень совпадения реальных и запланированных результатов учебной деятельности. Поэтому мерой обучения выступает оценка эффективности успеваемости, выраженная в абсолютных показателях, в процентном соотношении или какой-то другой форме.

В данной работе рассматривается один из элементов указанной проблемы, а именно вероятностная оценка эффективности успеваемости как основной характеристики качества передачи студентам новой учебной информации.

Особое внимание отводится оценке качества подготовки студентов судоводительской специальности.

Цель статьи. В статье на основе аппарата статистического анализа [5] предлагается построение методики оценки эффективности обучения, включающей учёт начального уровня знаний и продуктивности самостоятельной работы студента.

Изложение основного материала.

Эффективность успеваемости P_3 рассчитывается как вероятность сложного события, представляющего совмещение двух событий, и выражается произведением вероятностей этих событий

$$P_{\Sigma} = P_K \cdot P_Y, \quad (1)$$

где $P_K = \frac{n_K}{n}$ – качество успеваемости студентов; $P_Y = \frac{n_Y}{n}$ – общий уровень успеваемости студентов; n_K – количество студентов, получивших только отличные и хорошие оценки на экзаменах по всем дисциплинам; n_Y – количество студентов, успешно сдавших экзамены без «неудовлетворительных» оценок по всем дисциплинам; n – общее количество студентов в группе.

Эффективность обучения $P_{\Sigma O}$ рассчитывается как

$$P_{\Sigma O} = P'_K \cdot P_O, \quad (2)$$

где $P'_K = \frac{m_K}{n}$ – вероятность усвоения данной дисциплины студентами на «хорошо» и «отлично» (качество обучения); $P_O = \frac{m_O}{n}$ – вероятность усвоения данной дисциплины студентами на «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно»; m_K – количество оценок «отлично» и «хорошо» по данной дисциплине; m_O – количество оценок «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно» по данной дисциплине; n – общее количество оценок по данной дисциплине, в том числе «неудовлетворительно» и «неаттестованно».

Эффективность успеваемости (обучения) считается высокой, если оно не ниже 0,5 – на 1 и 2 курсах, 0,6 – на 3 курсе и 0,75 – на 4 и 5 курсах.

Такой метод оценки качества обучения позволяет определить не только эффективность успеваемости студентов, но и эффективность учебной деятельности преподавателя, т.е. определить общий уровень подготовки студентов (группы, курса) по данной дисциплине.

Для прогнозирования конечных результатов подготовки студентов-судоводителей можно использовать следующие количественные характеристики:

- начальный уровень знаний студента;
- эффективность обучения студента;
- продуктивность самостоятельной работы студента.

Конечный результат обучения студента с учетом этих характеристик определяется как

$$P = \frac{\alpha}{2k_{1cp}} (\Pi + \gamma) + 1, \quad (3)$$

где α – начальный уровень знаний студента; k_{1cp} – коэффициент, учитывающий разность между средними баллами сравнительных оценок; Π – коэффициент эффективности обучения; γ – коэффициент продуктивности самостоятельной работы; P – результат подготовки студента, который может иметь значение от 1 до 5.

В формуле (3) коэффициенты Π и γ являются случайными величинами с некоторыми дисперсиями. Это значит, что прогнозируемый результат P будет величиной случайной с дисперсией, равной сумме дисперсий Π и γ .

Начальный уровень знаний α определяется как уровень подготовки студента по дисциплинам, являющимся фундаментом для данной учебной дисциплины или ее разделов, изучаемых на различных этапах формирования судоводителя.

При изучении учебной дисциплины на 1 и 2 курсах за начальный уровень знаний можно принять средний балл оценок в аттестате за среднюю школу и вступительных экзаменах абитуриента.

При изучении учебной дисциплины на 3,4 и 5 курсах за начальный уровень принимается средний балл оценок на экзаменах по фундаментальным дисциплинам.

Коэффициент k_{1cp} определяется по формуле

$$k_{1cp} = \frac{\Delta J_{\min}}{\Delta J_{\max}}, \quad (4)$$

где ΔJ – разность между средними баллами в аттестате за среднюю школу и на вступительных экзаменах (ВНО) или между средними баллами оценок на экзаменах по фундаментальным дисциплинам и экзаменом по изучаемой дисциплине.

Коэффициент эффективности обучения Π определяется по выражению

$$\Pi = 0,5K_{\Pi}(1+A)\frac{H}{H_{TP}}, \quad (5)$$

где A – коэффициент активности обучения ($A=1$, если проблемная ситуация выявляется и решается студентами; $A=0,75$, если создается диалог по проблемной ситуации между преподавателем и студентами; $A=0,5$, если проблемная ситуация создается преподавателем,

а решается студентами); $K_{\Pi} = \sum_{i=1}^5 \beta_i k_i$ – коэффициент передачи информации; β_i –

коэффициент, учитывающий степень использования i -го приёма обучения (определяется экспертным оцениванием, $\beta_{i\max} = 1$); $H = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^m T_{Hi} k_i$ – коэффициент наглядности обучения;

T_{Hi} – время использования i -го приёма наглядности; m – максимальное число приёмов наглядности; k_i – весовой коэффициент; T – длительность обучения в ВУЗе; H_{TP} – коэффициент требуемой наглядности обучения (задаётся нормативными документами, $H_{TP\max} = 1$).

Продуктивность самостоятельной работы Π_{CP} студента является одним из компонентов, обуславливающих эффективность обучения.

Эта характеристика представляется сложной функцией многих переменных

$$\Pi_{CP} = f(t_0, t_3, \varphi, \alpha, \varepsilon, c), \quad (6)$$

где t_0 – время, отведенное на самостоятельную подготовку в ВУЗе; t_3 – время занятости студента вне учебы; φ – особенности данной дисциплины и ее роль в формировании судоводителя; α – влияние других учебных дисциплин на качество усвоения данной дисциплины; ε – эффективность воспитательной работы со студентами и организации самостоятельной работы; c – стимул самостоятельной подготовки.

Ввиду сложности представления (6) можно упрощённо оценить самостоятельную работу студентов коэффициентом продуктивности γ , характеризующим эффективность использования времени на самостоятельную проработку учебного материала,

$$\gamma = \frac{t_{\phi}}{t_o}, \quad (7)$$

где t_{ϕ} – время, фактически затраченное на самостоятельную работу над учебным материалом.

Коэффициент γ продуктивности самостоятельной работы студентов может принимать значения $\gamma = 0,4 \dots 0,8$, $\gamma_{CP} = 0,5$, $\gamma_{MAX} = 1,0$.

Эффективность учебной деятельности преподавателя определяется итоговым уровнем подготовки группы, который достигается под руководством данного преподавателя.

Количественную характеристику $\mathcal{E}_{PP}$ успешности учебной деятельности преподавателя можно оценить как

$$\mathcal{E}_{PP} = \frac{1}{n} (P_5 + 0,64P_4 + 0,35P_3), \quad (8)$$

где P_5 , P_4 и P_3 – количество студентов, получивших соответственно оценки «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно»; n – общее число студентов в группе.

Готовность выпускника ВУЗа к служебной деятельности на судах измеряется временем, которое требуется выпускнику для того, чтобы сдать на допуск к самостоятельному несению вахты по выбранной специальности.

Показатель T_{AD} полной профессиональной адаптации выпускника на судне определяется как

$$T_{AD} = 1 - \frac{t_{ПА}}{t_{ОБ}}, \quad (9)$$

где $t_{ПА}$ – время полной профессиональной адаптации; $t_{ОБ}$ – время обучения студента в ВУЗе.

Показатель T_{AD} устанавливается на основании обобщенных статистических данных, полученных на выпускников-судоводителей.

Выводы и рекомендации.

Предлагаемая методика легко реализуется на ЭВМ и позволяет оценить:

- эффективность обучения (успеваемости);
- качество успеваемости (статистическая вероятность количества студентов, успевающих только на «хорошо» и «отлично»);
- общий уровень успеваемости (статистическая вероятность количества студентов, не имеющих оценок «неудовлетворительно»);
- конечный результат обучения с учётом начального уровня знаний и продуктивности самостоятельной работы студента;
- эффективность учебной деятельности преподавателя;
- готовность выпускника ВУЗа к служебной деятельности на судах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григальчик Е. К., Губаревич Д. И. Обучаем иначе: стратегия активного обучения. – Минск: Современ. слово, 2003. – 148 с.
2. Джуринский А. Н. Развитие образования в современном мире. – М.: Дрофа, 2008. – 224 с.
3. Юнь О. М. Восхождение к информационному обществу. – М.: Экономика, 2013. – 175 с.

4. Михальский В. А., Бегун В. И. Научно-естественные основы и оптимальные методы обучения. – Л.: Лениздат, 1991. – 147 с.
5. Вентцель Е. С. Исследование операций (задачи, принципы, методология). – М.: Наука, 1980. – 208 с.

Майборода О.М., Сушко В.Г.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ НАВЧАННЯ

У даній роботі розглядається імовірнісна оцінка ефективності успішності як основна характеристика якості передачі студентам нової навчальної інформації.

Особлива увага приділяється оцінці якості підготовки студентів судноводійної спеціальності.

У статті на основі апарату статистичного аналізу пропонується побудова методики оцінки ефективності навчання, що включає облік початкового рівня знань і продуктивності самостійної роботи студента.

Авторами побудована методика, що дозволяє оцінити ефективність навчання, якість і загальний рівень успішності, а також ефективність роботи викладача і готовність випускника до службової діяльності.

Пропонована оцінка є більш наочною і достовірною в порівнянні з урахуванням тільки середнього балу.

Ключові слова: ефективність навчання, якість успішності, загальний рівень успішності, ефективність учбової діяльності викладача.

Mayboroda O., Sushko V.

METHOD OF ASSESSMENT OF LEARNING EFFECTIVENESS

This paper discusses the probabilistic assessment of the effectiveness of academic performance as the main characteristic of the quality of the transfer of new educational information to students.

Special attention is given to assessing the quality of training of students in the navigational specialty.

On the basis of the statistical analysis apparatus, the article proposes the construction of a methodology for assessing the effectiveness of training, which includes taking into account the initial level of knowledge and the productivity of the student's independent work.

The authors built a methodology to evaluate the effectiveness of training, the quality and overall level of academic performance, as well as the effectiveness of the work of the teacher and the readiness of the graduate to work.

The proposed assessment is more visual and reliable compared with only the average score.

Key words: learning effectiveness, quality results, overall level of results, effectiveness of teacher work.

Момот В.М., Момот А.В.

МОРАЛЬНО-СОЦІАЛЬНИЙ КОМПОНЕНТ ІНШОМОВНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ФАХІВЦЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

Залишаються актуальними та потребують більш глибокого дослідження питання виховання моральності майбутніх фахівців водного транспорту під час їх професійної підготовки, в тому числі у вищих навчальних закладах.

Мета статті полягає у розкритті особливостей моральності моряка; ознайомленні спеціалістів, які здійснюють підготовку фахівців водного транспорту з можливостями виховання високоморальної особистості засобами англійської мови.

Авторами стверджується, що належний рівень морально-соціального компоненту майбутніх фахівців водного транспорту можна й необхідно формувати засобами іноземної мови. Це сприятиме покращенню якості їх фахової підготовки, формуванню тих специфічних професійно-психологічних вмінь, знань та якостей, які ефективно забезпечуватимуть їх психологічну готовність до екстремальних умов професійної діяльності моряка.

Ключові слова: моральність моряка, морально-соціальне виховання, моральні цінності, іншомовна компетентність.

Постановка проблеми. Моральність відіграє важливу роль у житті людини та у її стосунках з оточуючими, у її взаємодії з навколишнім світом. Високоморальна людина здатна зробити повноцінний моральний вибір, має тверді моральні позиції та здатна вийти за межі безпосередньої необхідності. Основою для цього виступають цінності, що виражають моральну орієнтованість і ціннісний сенс поведінки людини.

Будучи елементом моральної свідомості, ціннісні орієнтації крізь відображають не тільки корінні інтереси та основні цінності людського буття, а й формулюють більш чи менш чіткі поняття сучасної людини про сенс життя, про людяність, про співчутливість і т. п. Ціннісна орієнтація може бути спрямована як на справжні, високі цінності, так і на хибні, ниці, навіть на «антицінності». Ступінь моральності особистості, її духовності великою мірою залежить від укоріненості в її психіці стійких орієнтацій на гуманні цінності та ідеали.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема моральності привертає увагу мислителів від найдавніших часів. У філософській літературі вона систематично досліджується із середини 18 століття (І. Кант, І. Г. Фіхте, А. Шопенгауер, С. К'єркегор, М. О. Лоський, Б. П. Вишеславцев, М. О. Бердяєв). Питання вирішальної ролі морального виховання в розвитку й формуванні особистості усвідомлювалися й порушувалися багатьма вченими. Її вивчали такі відомі мислителі та педагоги, як Сократ, Арістотель, Я. А. Коменський, Ж.-Ж. Руссо, І. І. Песталоцці, І. Герbart, К. Ф. Ушинський, А. С. Макаренко, В. О. Сухомлинський. Учені по-різному підходили до виникнення процесу виховання в цілому, оскільки стояли на різних методологічних позиціях. У 20 столітті питання морально-вольових вимірів особистості стають предметом психологічних досліджень (Л. І. Анциферова, Л. І. Божович, Б. С. Братусь, Ф. Ю. Василюк, Л. Колберг, О. М. Леоньєв, А. Маслоу, Е. Фромм, С. Л. Рубінштейн, В. Франкл та ін.) [8].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри достатню кількість наукових праць, які стосуються виховання моральності, залишаються актуальними та потребують більш глибокого дослідження питання виховання моральності майбутніх фахівців водного транспорту під час їх професійної підготовки, в тому числі у вищих навчальних закладах.

Мета статті полягає у розкритті особливостей моральності моряка; ознайомленні спеціалістів, які здійснюють підготовку фахівців водного транспорту з можливостями виховання високоморальної особистості засобами англійської мови.

Виклад основного матеріалу. Моральність людини є важливим фактором для виконання нею своїх посадових обов'язків, для ефективної роботи колективу працівників будь-якої галузі діяльності. Моральність є також одним з основних факторів безпеки життєдіяльності людини у будь-якій сфері. Особливого значення моральність людини набуває у професійній діяльності моряків далекого плавання, яка протікає в умовах, пов'язаних із обмеженням простору, праці в складних кліматичних і фізичних умовах, різкого звуження зовнішніх соціальних зв'язків, підвищеної небезпеки виникнення аварійних ситуацій тощо. Успішність професійної діяльності моряків у доволі небезпечних і складних умовах залежить від багатьох чинників, зокрема рівня професійно-психологічного відбору на морські спеціальності, розвитку й прояву відповідних професійно важливих якостей моряків, ефективності системи їх спеціальної і психологічної підготовки й підвищення кваліфікації, стану і результативності психопрофілактичної та психореабілітаційної роботи з моряками тощо [4]. Одним з найважливіших чинників у роботі моряків є їх моральні цінності. У цьому контексті надзвичайно актуальним постає завдання морально-соціального виховання фахівців водного транспорту протягом всього навчання й при вивченні всіх предметів у навчальних закладах, які готують майбутніх моряків. Отже, морально-соціальне виховання майбутніх моряків має здійснюватись також при опанування ними англійською мовою, вивчення якої передбачено протягом усього всього часу підготовки фахівців водного транспорту у вищих навчальних закладах відповідного напрямку.

Аспекти формування морально-ціннісних орієнтацій молоді частково розглянуті сучасною наукою. Становлення й розвиток моральних цінностей досліджували Г. Іванова, О.Рудіна, вплив колективу на цей процес – М. Казакіна, Е. Помиткін, а особливості морального розвитку особистості та механізми формування моральних цінностей та ціннісних орієнтацій – І. Бех, В. Галуз'як, А. Донцов та ін. Теоретичні та методологічні засади виховання моральних цінностей та ціннісних орієнтацій засобами світової культури висвітлено у працях М. Бахтіна, В. Біблера, Л. Виготського, М. Кагана, Д. Лихачова та ін. У своїх працях М. Бахтін та В. Біблер обґрунтовують концепції активного існування людини в культурному просторі, а Д.Лихачов та В.Сухомлинський наголошують на сутності художньої культури як специфічної форми відображення морально-ціннісного досвіду людства. У більшості наукових праць представлено роботу з морально-ціннісного виховання старшокласників, вихованню ж молодших школярів приділено недостатньо уваги.

Підходи до морального виховання у процесі вивчення іноземної розглядаються у працях Голобородько О., Гала М. Про це також йдеться в дисертаційній роботі О. Тирон [7]. Моральність у контексті спілкування проявляється у ставленні до співрозмовника, манері говорити, охоплює потребу особистості у здійсненні моральних дій і вчинків. Л. Орбан-Лембрик зазначає, що компоненти морального здоров'я особистості (моральні переконання, якості, звички, здібності й дії) виконують вищу регулятивну функцію стосовно процесу формування навичок спілкування [5]. Високий рівень розвитку моральної культури дає змогу людині не лише свідомо та систематично долати негативні риси свого характеру, а й якомога повніше гуманізувати взаємини з іншими. У спілкуванні особистість послідовно втілює загальнолюдські норми й принципи, дотримується кодексу поведінки, яка передбачає певний тип моральних стосунків. Так, до морально-соціальних принципів спілкування належать такі: гуманізація і демократизація стосунків, повага до співрозмовників і самоповага, соціальна справедливість і толерантність, суверенність особистості, неупереджене ставлення до партнерів зі спілкування, врахування інтересів співрозмовників, чесність тощо.

У процесі спілкування в повсякденні і в міжнародному екіпажі, зокрема, майбутні моряки стикаються із завданнями, пов'язаними з потребою контролювати власну поведінку та манеру спілкування відповідно до норм моралі, опановувати бажання виявити грубість чи агресивність, аби не створювати конфліктну ситуацію [7].

Не секрет, що в умовах сучасної жорсткої конкуренції й постійної загрози економічної кризи, судноплавні компанії все менше витрачають коштів на будівництво нових суден й

намагаються максимально використовувати вже наявні судна, вкладаючи на якомога менше коштів на якісний і своєчасний ремонт та заощаджуючи на засобах безпеки. Дуже часто також капітан та члени екіпажу намагаються заробити додаткові кошти нехтуючи правилами безпеки, що, в свою чергу, призводить до економічних втрат, загрожують здоров'ю та життю як самих членів екіпажу, так і пасажирів судна. Отже, дуже важливою є не тільки якісна фахова підготовка майбутніх фахівців водного транспорту, а й їх моральне виховання, оскільки в даній галузі морально-духовні цінності є також засобом безпеки працівників та пасажирів.

Предмети, які вивчаються майбутніми моряками власне є інструментом становлення їх особистісних якостей, їх соціальних і духовних орієнтирів. Не будучи винятком, навчальний предмет «Іноземна мова» має істотну особливість: він вивчається як засіб спілкування, а тематика й ситуації на для промови приносяться ззовні. Предмет «Іноземна мова» є відкритим для використання змісту з різних галузей знань, змісту інших навчальних предметів. Під час вивчення іноземної мови можна торкатись різних проблем й обговорювати будь-які теми, які дозволяють формувати навички критичного мислення, дозволяють співвіднести свої думки до нових норм суспільної моралі.

До прийомів, які сприяють моральному вихованню студентів на заняттях з іноземної мови, можна віднести колективні форми взаємодії. У тому числі можна назвати групову і парну роботи. Саме групах і парах проходить обговорення тій чи іншій проблеми, саме у взаємодії з оточуючими складаються певні погляди. Отже, обговорення проблеми, у цьому випадку виступає одним з прийомів роботи. Причому робота не закінчується самим обговоренням. Рішення, прийняте під час обговорення якоїсь проблеми, презентується всій групі, тоді як група вибирає найкраще вирішення і обґрунтовує свій вибір.

Наступним ефективним прийомом роботи у згаданій вище напрямі є рольова гра. Рольова гра є також формою колективного взаємодії. Однак у цьому разі кожен студент вже несе індивідуальну відповідальність за своє рішення. У той самий час у рольовій грі зазвичай попередньо обумовлюється лінія поведінки учасника гри у певній ситуації. Хоча в окремих випадках може обумовлюватись лише результат взаємодії, тоді як лінія поведінки залишається поза вибором самого студента. Як підсумковий етап рольової гри можна запровадити етап рефлексії з тим, щоб студенти змогли проаналізувати доречність, необхідність, і ефективність тієї чи іншої моделі поведінки. Звісно, багато в чому поведінка у рольовій грі рольовий визначається досліджуванним мовним матеріалом, але моральна спрямованість також впливає на варіант поведінки. Завдання викладача – показати зразки поведінки, обґрунтувавши їх з погляду розумності і моралі, визначити поведінку в певній проблемній ситуації та у разі потреби провести корекцію даної поведінки, але й у жодному разі не в формі повчання чи настанови.

Висновки і пропозиції. Належний рівень морально-соціального компоненту майбутніх фахівців водного транспорту можна й необхідно формувати засобами іноземної мови. Це сприятиме покращенню якості їх фахової підготовки, формуванню тих специфічних професійно-психологічних вмінь, знань та якостей, які ефективно забезпечуватимуть їх психологічну готовність до екстремальних умов (екстремальних ситуацій) професійної діяльності моряка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гала М., Виховання морально-ціннісних орієнтацій школярів засобами німецької казки. – Науковий вісник Ужгородського національного університету. Сер. Педагогіка. Соціальна робота. – 2008. – Вип. 15. – С. 40-42.
2. Голобородько О. Особистісно орієнтований підхід до морального виховання учнів 6-7 класів у процесі вивчення іноземної мови: автореф. дис. – Інститут проблем виховання Академії пед. Наук України. – Київ, 2008. – 22 с.
3. Голікова В., Потапов Є., Шафран Л. Аварії морських суден і професійна компетентність плавскладу.
4. Криворотько Г. С. Психологічна характеристика особливих умов діяльності моряків далекого плавання. – Науковий вісник 2 (1) 2012 Львівського державного університету внутрішніх справ. С. 400-408.

5. Л. Орбан-Лембрик. Соціальна психологія особистості і спілкування. – К.:Либідь, 2004. – 576 с.
6. Стоян Т. Діловий етикет: моральні цінності і культура поведінки бізнесмена. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 232 с.
7. Тирон О. Психолого-педагогічні основи формування іншомовної компетентності майбутніх моряків: автореф. дис. – Нац. акад. пед. наук України, Ін-т психології ім. Г. С. Костюка. – Київ, 2016. – 24 с.
8. Фоміна Л., Скорбач Т., Кулікова І. Історико-педагогічний аналіз розвитку проблеми морального виховання. – Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах СНД». – Переяслав-Хмельницький, 2013.

Момот В.М., Момот А.В.

МОРАЛЬНО-СОЦІАЛЬНИЙ КОМПОНЕНТ ІНОЯЗЫЧНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ СПЕЦИАЛИСТА ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Остаются актуальными и требуют более глубокого исследования вопросы воспитания нравственности будущих специалистов водного транспорта во время их профессиональной подготовки, в том числе в высших учебных заведениях.

Цель статьи заключается в раскрытии особенностей нравственности моряка; ознакомлении специалистов, осуществляющих подготовку специалистов водного транспорта с возможностями воспитания высоконравственной личности средствами английского языка.

Авторами утверждается, что надлежащий уровень морально-социального компонента будущих специалистов водного транспорта можно и нужно формировать средствами иностранного языка. Это будет способствовать улучшению качества их профессиональной подготовки, формированию тех специфических профессионально-психологических умений, знаний и качеств, которые эффективно обеспечивают их психологическую готовность к экстремальным условиям профессиональной деятельности моряка.

Ключевые слова: моральность моряка, морально-социальное воспитание, моральные ценности, иноязычная компетентность.

Momot V., Momot A.

MORAL AND SOCIAL COMPONENT OF THE FOREIGN LANGUAGE COMPETENCE OF THE WATER TRANSPORT SPECIALIST

They remain relevant and require a more in-depth study of the issue of upbringing the morale of future specialists in water transport during their training, including in higher education institutions.

The purpose of the paper is to reveal the particularities of the sailor's morality; familiarization with specialists who train water transport specialists with the possibilities of raising a high moral personality by means of English language.

The authors argue that the appropriate level of moral and social component of future specialists in water transport can and must be formed by means of a foreign language. This will improve the quality of their professional training, the formation of those specific professional-psychological skills, knowledge and qualities that will effectively ensure their psychological readiness for the extreme conditions of professional activity of the seaman.

Key words: seaman morality, moral and social training, moral standards, foreign language competence.

Шевчук В.О.

ОСВІТНЯ СКЛАДОВА СИСТЕМИ ВІДТВОРЕННЯ РОБОЧОЇ СИЛИ

Залишаються актуальними та потребують більш глибокого дослідження й наукового узагальнення питання розгляду освіти як одного із головних елементів системи відтворення робочої сили країни та виявлення компонентів освітньої складової системи відтворення робочої сили. Мета статті полягає у дослідженні сутності та особливостей освітньої складової в системі відтворення робочої сили.

У статті розглянуто освіту як один із головних елементів системи відтворення робочої сили країни, який впливає на всі рівні відтворення робочої сили: нанорівень, мікрорівень, мезарівень, макрорівень та мегарівень. Досліджено питання щодо сутності та особливостей освітньої складової в системі відтворення робочої сили, яка розглядається як сукупність таких компонентів: інституційного, організаційно-функціонального, інноваційного та методико-методологічного.

Ключові слова: освіта, відтворення робочої сили, система відтворення робочої сили.

Постановка проблеми. В умовах переходу на інноваційні засади розвитку економіки відбувається визнання важливої ролі людини у суспільному відтворенні та вважається, що рівень освіти населення й рівень розвитку людського капіталу визначає конкурентоспроможність і місце країни в глобальному економічному просторі. Зміни, які відбуваються на сучасному етапі в країнах світу загалом, і в економіці України зокрема, вимагають перегляду системи існуючих концептуальних поглядів на освіту як елемент системи відтворення робочої сили.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню проблем відтворення робочої сили та основних напрямів розвитку освіти присвячено значну кількість наукових праць вітчизняних та зарубіжних учених. Серед відомих в історії економічної думки можна назвати таких: Г. Беккера, М. Блауга, Е. Денісона, Ф. Кене, Т. Мальтуса, К. Маркса, Д. Нортона, Д. Рікардо, В. Ростоу, Ж.Б. Сея, А. Сміта, С. Струмиліна, А. Тофлера, Л. Туроу, Т. Шульца, Й. Шумпетера та інших.

Вагомий внесок у дослідження окремих аспектів процесу відтворення робочої сили та освіти зробили такі вчені-економісти: Л. І. Абалкін, Л. І. Антошкіна, Т. М. Боголіб, Н. В. Васильєва, В. М. Геець, О. А. Грішнова, Б. М. Данилишин, В. І. Єрошин, В. О. Жамін, Є. М. Жильцов, І. С. Каленюк, Р. І. Капелюшников, Б. В. Корнейчук, С. Л. Костанян, О. А. Кратт, Т. Ю. Красікова, Н. Г. Кузьміна, О. В. Куклін, В. І. Куценко, А. І. Лівенко, Д. С. Львов, В. О. Огнев'юк, Б. С. Рябушкін, Е. Б. Салпагарова, В. В. Сандугей, В. А. Студінський, В. І. Тропін, Л. Р. Халітова, Н. А. Хроменков, В. П. Щетинін та інші.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри достатню кількість наукових праць, залишаються актуальними та потребують більш глибокого дослідження й наукового узагальнення питання розгляду освіти як одного із головних елементів системи відтворення робочої сили країни та виявлення компонентів освітньої складової системи відтворення робочої сили.

Мета статті полягає у дослідженні сутності та особливостей освітньої складової в системі відтворення робочої сили.

Виклад основного матеріалу. Сучасні зміни в суспільному виробництві та економіці в цілому висувають нові завдання та вимоги до сфери освіти. Освіта перетворюється на один із основних факторів розширеного відтворення робочої сили в сьогодинішньому світі.

Система відтворення робочої сили розглядається як сукупність наступних послідовних і взаємопов'язаних елементів: народження індивіда, його соціалізація, набуття знань і навичок для реалізації своєї робочої сили, процес праці, відновлення робочої сили шляхом особистого споживання [2, с. 9]. Тому, систему відтворення робочої сили поділяють на чотири взаємопов'язані фази: формування, розподілу й перерозподілу, обміну й використання. Освіта впливає на всі фази відтворення робочої сили, причому на фазу формування – безпосередньо, а на фази розподілу, обміну й використання – опосередковано. Враховуючи, що фаза використання робочої сили є визначальною щодо інших трьох фаз, адже саме в ній відбувається розвиток робочої сили, під впровадженням знань, умінь і навичок ми розуміємо не просто їх використання в процесі виробництва, а їх практичне застосування, у результаті чого вони будуть закріплюватися, примножуватися та вдосконалюватися, що буде продовженням процесу відтворення робочої сили. Таким чином, процес виробництва в даному контексті не є кінцевою метою використання знань, умінь і навичок.

На наше переконання, освіта є одним із головних елементів системи відтворення робочої сили країни, який впливає на всі її рівні. Якщо розглядати процес відтворення робочої сили в межах країни, то відтворення на рівні одного окремого працівника – це буде мікрорівень, на рівні підприємства – мезорівень, а на рівні всього суспільства – макрорівень. Освіта впливає на відтворення робочої сили окремого індивіда (працівника), підприємства й суспільства в цілому. До того ж підвищення рівня освіти працівника на мікрорівні здійснює вплив, у свою чергу, на відтворення робочої сили підприємства, де він працює, тобто на мезорівні, а також – на відтворення робочої сили на макрорівні, оскільки виступає складовою частиною суспільства.

Якщо ж розглядати відтворення робочої сили не лише на території окремої країни, а й за її межами, то освіта буде впливати на наступні рівні відтворення: нанорівень – окремого індивіда (працівника), мікрорівень – підприємства, мезорівень – галузі або регіону, макрорівень – суспільства (національної економіки в цілому), мегарівень – світової економіки.

Розглянемо освітню складову в системі відтворення робочої сили через сукупність таких компонентів: інституційного; організаційно-функціонального; інноваційного; методико-методологічного.

Інституційний підхід до розгляду освіти означає її розгляд як окремого інституту. Зокрема, ряд вітчизняних вчених вважають, що інститут освіти є структурованою виробничою системою, що продукує специфічний товар – освітньо-виховну послугу.

На думку В. А. Студінського, інститут освіти є активним учасником у формуванні правил гри в суспільстві, оскільки формує інтелектуальну складову всіх економічних галузей, а також інтелект суспільства в цілому [4, с. 202].

Інституційний компонент освіти в системі відтворення робочої сили, як і інститут освіти, складається з ряду елементів: суб'єктів (держави, усіх видів навчальних закладів, споживачів освітніх послуг, окремих осіб, що створюють та надають освітні послуги) та об'єктів (формальних та неформальних правил і норм) (рис. 1).

Організаційно-функціональний компонент освіти в системі відтворення робочої сили формується із сукупності різних типів навчально-виховних закладів залежно від виконуваних ними функцій (рис. 2). Таким чином, цей компонент складається з наступних блоків:

- ✓ дошкільні виховні заклади (дитячі ясла та дитячі садки);
- ✓ середні навчальні заклади (загальноосвітні школи, гімназії, ліцеї, вечірні школи тощо);
- ✓ позашкільні навчально-виховні заклади (школи мистецтв, спортивні школи, центри дитячої творчості тощо);
- ✓ заклади для осіб, які потребують соціальної допомоги та реабілітації (дитячі будинки, школи інтернати тощо);
- ✓ професійно-технічні навчальні заклади (училища та навчальні центри);
- ✓ вищі навчальні заклади (коледжі, інститути, академії, університети);
- ✓ заклади післядипломної освіти та підвищення кваліфікації тощо.

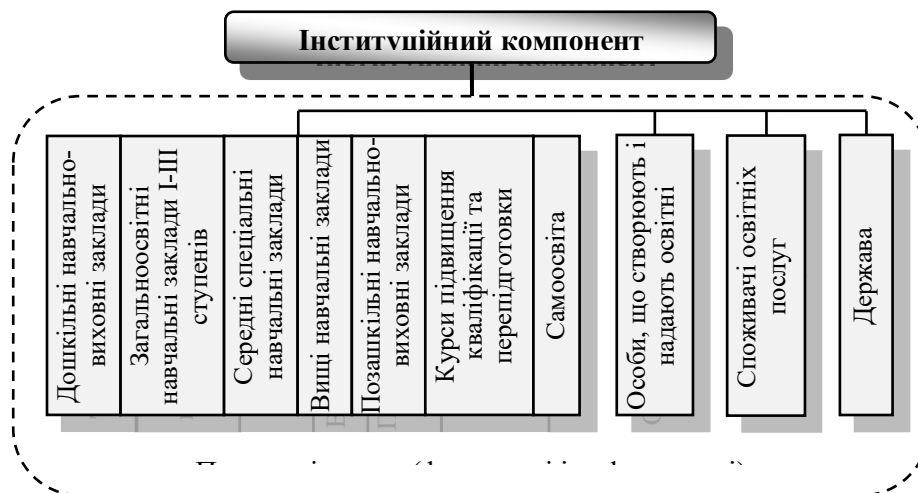


Рисунок 1 – Інституційний компонент освітньої складової системи відтворення робочої сили

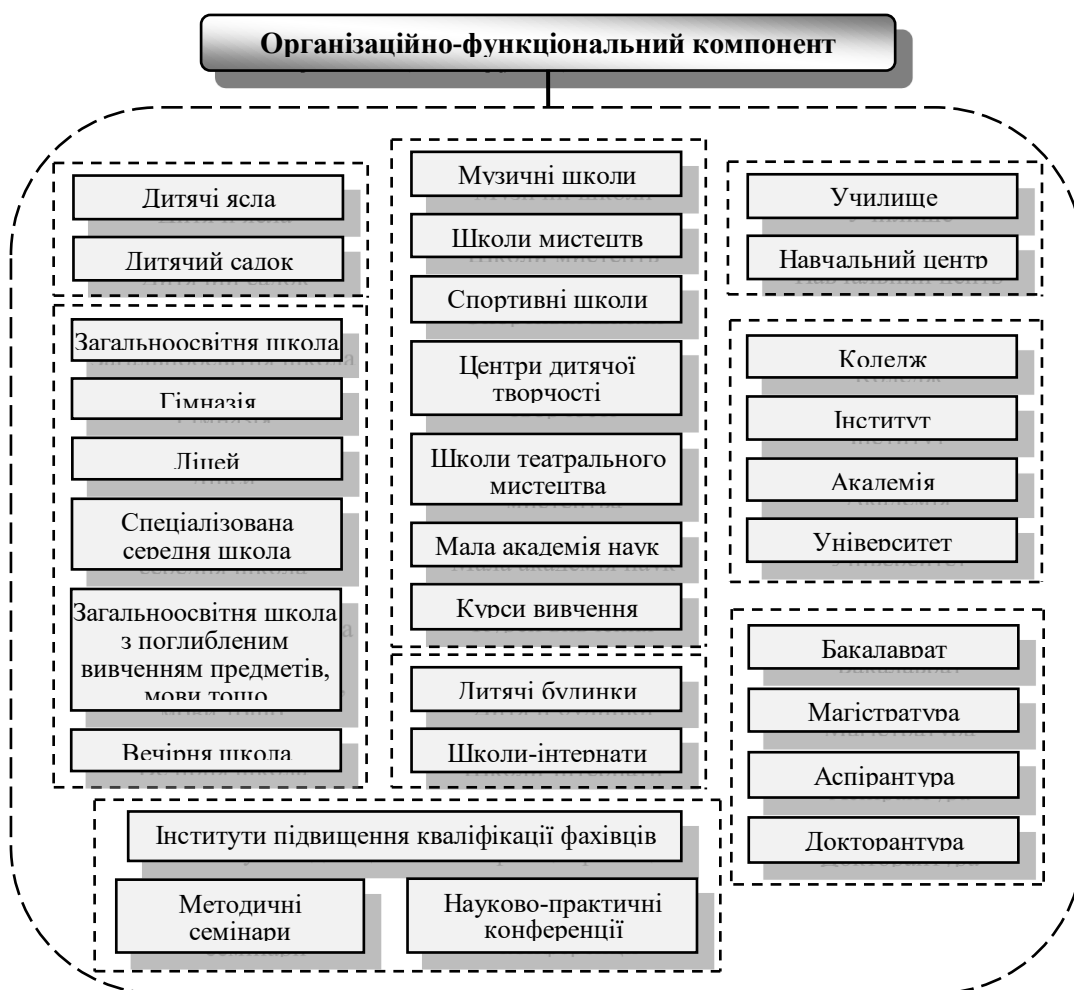


Рисунок 2 – Організаційно-функціональний компонент освітньої складової системи відтворення робочої сили

До цього компонента можуть бути включені інші типи навчальних закладів, що діють в Україні відповідно до Закону України «Про освіту» [3], рівні вищої освіти (бакалаврат та магістратура), а також форми підготовки наукових кадрів (аспірантура та докторантура).

Наступний інноваційний компонент освітньої складової системи відтворення робочої сили включає ряд інновацій, які використовуються в процесі надання освітніх послуг та

функціонування системи освіти загалом (рис. 3). Взявши за основу класифікацію Л. В. Батченко, освітні інновації можна поділити на наступні види:

- 1) освітньо-педагогічні інновації – це інновації, що спрямовані на удосконалення процесу виховання та надання освітніх послуг, а саме: нові технології, методи, форми, засоби та прийоми навчання, підготовки та перепідготовки робочої сили;
- 2) освітньо-наукові інновації – це інновації, які використовуються в напрямку активізації дій щодо здійснення пошуку нових знань як у системі освіти, так і в системі відтворення робочої сили, за допомогою проведення наукових досліджень, а також у напрямку підвищення наукового рівня навчання та фахової підготовки робочої сили;
- 3) освітньо-культурні інновації – це інновації, що впроваджуються з метою зміни в культурі навчання та підготовки робочої сили, а також активізації творчого навчання;
- 4) освітньо-професійні інновації – це інновації, що спрямовані на підвищення професійності навчання, процесу підготовки та перепідготовки робочої сили;
- 5) освітньо-організаційні інновації – інновації, за допомогою яких здійснюються необхідні зміни у сфері освіти, відбувається удосконалення освітньої інфраструктури, зокрема в системі відтворення робочої сили, та матеріально-технічної бази освіти тощо;
- 6) освітньо-управлінські інновації – інновації, що впроваджуються з метою проведення необхідних змін (реформ) у структурі, системі та механізмах управління сферою освіти або окремими навчальними закладами;
- 7) освітньо-фінансові інновації – інновації, направлені на здійснення змін у системі фінансового забезпечення сфери освіти за допомогою диверсифікації його джерел;
- 8) освітньо-правові інновації – інновації, що впроваджуються з метою удосконалення нормативно-правової бази освіти;
- 9) освітньо-економічні інновації – інновації, спрямовані на забезпечення реформування в системі планування освіти й раціоналізації витрат на освітню діяльність, економічне стимулювання освітньої сфери та її структурних підрозділів;
- 10) освітньо-торговельні інновації – інновації, спрямовані на забезпечення змін у сфері освіти в умовах ринкових відносин, зокрема цінової, маркетингової політики навчальних закладів [1, с. 34-37].

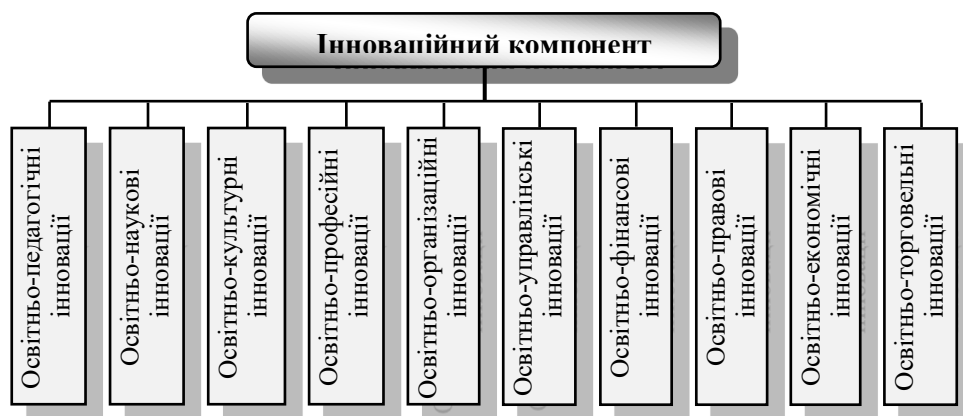


Рисунок 3 – Інноваційний компонент освітньої складової системи відтворення робочої сили

Методико-методологічний компонент освіти включає в себе сукупність принципів, прийомів та методів виховання, навчання, підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації робочої сили, а також методів у сфері управління освітою.

Таким чином, освітня складова системи відтворення робочої сили розглянута нами як сукупність інституційного, організаційно-функціонального, інноваційного та методико-методологічного компонентів (рис. 4).

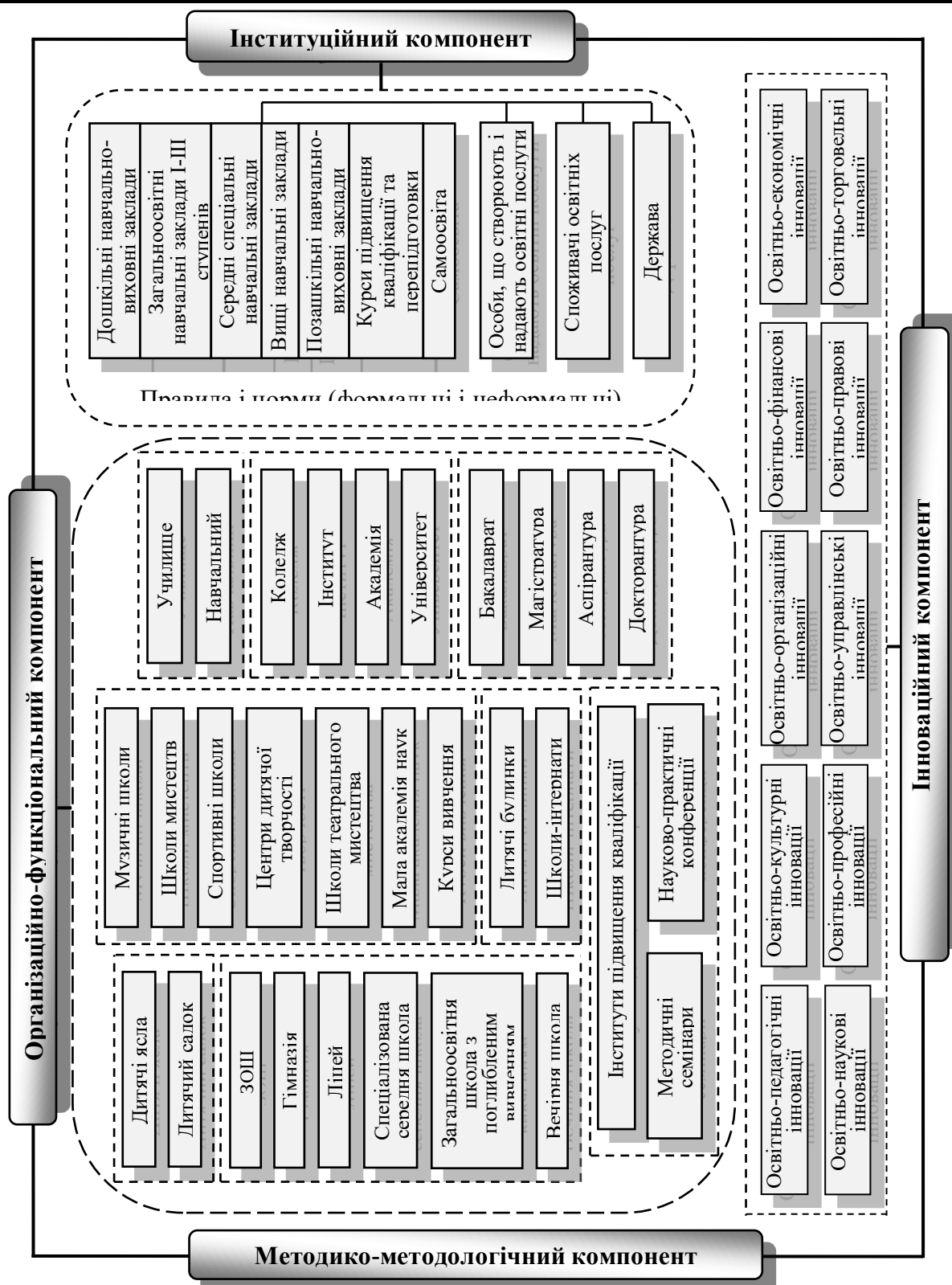


Рисунок 4 – Освітня складова системи відтворення робочої сили

Висновки і пропозиції. Таким чином, освіта виступає ключовим елементом системи відтворення робочої сили, що впливає на кожен її фазу (безпосередньо на фазу формування та опосередковано на фази розподілу, обміну й використання) і є інтенсивним фактором розширеного відтворення робочої сили, який впливає на всі рівні відтворення: нано- (індивід, працівник), мікро- (підприємство), мезо- (галузь, регіон), макро- (суспільство, національна економіка в цілому), мегарівень (світова економіка).

Отже, освіта є одним із важливих чинників, що впливає не лише на індивіда, а й на галузі виробництва та суспільство в цілому; а також є специфічною галуззю, яка безпосередньо впливає на відтворення робочої сили в усіх сферах людської життєдіяльності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Батченко Л.В. Формування інноваційного менеджменту в системі професійної освіти в умовах перехідної економіки: дис. ... канд. екон. наук: спец. 08.02.02 «Економіка та управління науково-технічним прогресом» / Л. В. Батченко // Донецька держ. академія управління. – Донецьк, 1997. – 194 с.
2. Обороина Т. Ю. Современные тенденции в системе воспроизводства рабочей силы: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. екон. наук: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности, в т.ч. экономика труда)» / Т. Ю. Обороина. – Саратов, 2006. – 20 с.
3. Про освіту: Закон України від 23.05.1991 № 1060-ХІІ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1060-12>.
4. Студінський В. А. Інститут освіти в системі тіньових фінансових відносин / В.А. Студінський // Фінансові ринки та інститути: Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції 7-8 грудня 2007 р. – У 2-х томах. – Т. 1. – Харків: ВД «ІНЖЕК», 2007. – С.202-204.

Шевчук В.О.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМЫ ВОСПРОИЗВОДСТВА РАБОЧЕЙ СИЛЫ

Остаются актуальными и требуют более глубокого исследования и научного обобщения вопрос рассмотрения образования как один из главных элементов системы воспроизводства рабочей силы страны и выявления компонентов образовательной составляющей системы воспроизводства рабочей силы.

Цель статьи заключается в исследовании сущности и особенностей образовательной составляющей в системе воспроизводства рабочей силы.

В статье рассмотрены образование как один из главных элементов системы воспроизводства рабочей силы страны, влияет на все уровни воспроизводства рабочей силы: наноривень, микроуровень, мезаривень, макроуровень и мегауровень.

Исследован вопрос о сущности и особенностей образовательной составляющей в системе воспроизводства рабочей силы, которая рассматривается как совокупность следующих компонентов: институционального, организационно-функционального, инновационного и методико-методологического.

Ключевые слова: образование, воспроизводство рабочей силы, система воспроизводства рабочей силы.

Shevchuk V.

EDUCATIONAL COMPONENT OF THE SYSTEM OF LABOUR FORCE REPRODUCTION

They remain relevant and require a more in-depth study and scientific synthesis of the issue of considering education as one of the main elements of the country's labor reproduction system and identifying the components of the educational component of the labor reproduction system. The purpose of the paper is to study the essence and features of the educational component in the system of reproduction of the workforce.

The article deals with education as one of the main elements of the country's labor reproduction system, which affects all levels of labor reproduction: nanoscale, micro level, mezzo level, macro level and megawave. The question of the essence and peculiarities of the educational component in the system of reproduction of the labor force is considered, which is considered as a set of such components: institutional, organizational-functional, innovative and methodical-methodological.

Key words: education, labour force reproduction, system of labour force reproduction.

Бадаев Ю.И., Ганношина И.Н., Лагодина Л.П.

УПРАВЛЕНИЕ ФОРМОЙ NURBS-КРИВОЙ С ПОМОЩЬЮ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭПЮР

В настоящее время в проектировании криволинейных обводов широко применяется метод NURBS-технологий, однако в начале этапа проектирования сложно предсказать результат, полученный этим методом. Поэтому является актуальным разработка методов, которые позволили бы прогнозировать конечный результат.

В статье предложена методика управления формой NURBS-кривой на основе применения эпюр влияния управляющих точек, что позволяет прогнозировать новую форму моделирования кривой. Дальнейшие исследования будут проводиться в направлении управления формой NURBS-кривой с помощью изменения весов управляющих точек.

Ключевые слова: NURBS-кривая, точечный репер, вспомогательные эпюры.

Постановка проблемы. В настоящее время в проектировании криволинейных обводов широко применяется метод NURBS-технологий, однако в начале этапа проектирования сложно предсказать результат, полученный этим методом. Поэтому является актуальным разработка методов, которые позволили бы прогнозировать конечный результат и обеспечивали получение желательных наперед заданных результатов.

Анализ последних исследований. В статьях [2–4] предлагаются интерактивные подходы по управлению формой NURBS-кривой на основе применения разработанных компьютерных программ. В статье [5] исследуются особенности комплексного подхода по применению поликоординатных отображений и технологии NURBS в геометрическом моделировании. Использование разработанного алгоритма позволяет усиливать локальное воздействие на адекватность этих отображений.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. В результате анализа опубликованных исследований [2–5] следует отметить, что были предложены новые алгоритмы управления формой NURBS-кривой, однако при этом реализовывался подход «проб и ошибок», что не дает возможности прогнозировать конечный результат в начале этапа проектирования.

Цель статьи. Целью статьи есть разработка методики управления формой NURBS-кривой на основе изменения точечного репера управляющих точек с применением вспомогательных графиков.

Основной материал. NURBS-кривая задается формулой [1]:

$$r(t) = \frac{\sum_{i=1}^N B_{i,N,m}(t) r_i w_i}{\sum_{i=1}^N B_{i,N,m}(t) w_i}, \quad (1)$$

где r_i – управляющий точечный репер,

w_i – веса точек управляющего репера,

$B_{i,N,m}$ – сплайн степени m .

Управлять формой кривой можно с помощью изменения управляющего репера r_i и с помощью изменения весов w_i .

Рассмотрим возможность модификации кривой (1) с помощью изменения точечного репера r_i . Изменим один из векторов $r_{i=j}$, тогда формула для точечного репера будет иметь вид:

$$\sum_{i=1}^N r_i w_i = r_1 w_1 + r_2 w_2 + \dots + r_j w_j + \Delta r_j w_j \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (2)$$

После подстановки (2) в (1) NURBS-кривая будет строиться по формуле:

$$r(t) = \frac{\sum_{i=1}^N B_{i,N}(t) r_i w_i + \sum_{j=1}^N B_{j,N}(t) \Delta r_j w_j}{\sum_{i=1}^N B_{i,N}(t) w_i}. \quad (3)$$

Анализируя формулу (3), видим, что $r(t)$ изменяется на величину $\Delta r(t)$ в виде:

$$\Delta r(t) = \frac{\sum_{i=1}^N B_{i,N}(t) \Delta r_j w_j}{\sum_{i=1}^N B_{i,N}(t) w_i}. \quad (4)$$

Рассмотрим влияние формулы (4) отдельно по каждому из векторов r_i и построим для каждой из точек r_i графики изменения кривой. Вместе эти графики можно назвать эпюром изменения формы кривой в зависимости от положения управляющих точек. Наличие таких графиков дает возможность прогнозировать, как будет изменяться кривая в результате корректировки точек управляющего репера.

Для демонстрации реализации предложенной методики разработана компьютерная программа на языке AutoLisp управления формой NURBS-кривой 7-ой степени на основе изменения точечного репера управляющих точек.

Покажем демонстрацию управления формой NURBS-кривой на конкретном примере. На рис.1 построена кривая с 8-ю управляющими точками (то есть NURBS-кривая 7-й степени).

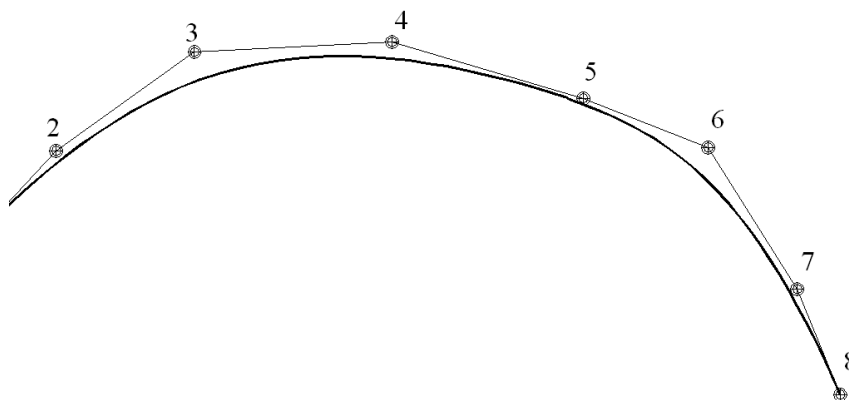


Рисунок 1 – NURBS-кривая 7-ой степени с 8-ю управляющими точками

Проведем несколько экспериментов с изменением местоположения управляющих точек репера, и выполним анализ моделирования заданной кривой на полученных результатах.

Визуальный контроль итогов работы программы позволяет отследить следующие системные изменения.

На рис. 2-7 показаны зоны «влияния» управляющих точек на кривую. Так, например, эпюра на рис. 2 показывает, что точка 2 влияет на участок кривой в зоне точек 1-3, оставляя практически без изменения участок 5-8, прогиб эпюры под точкой 2 показывает величину перемещения кривой в сторону точки 2.

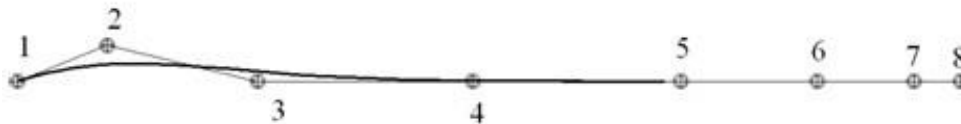


Рисунок 2 – Зона «влияния» управляющей точки 2 NURBS-кривая

Эпюра на рис. 3 показывает, что при изменении положения управляющей точки 3 NURBS-кривая будет следовать за этой точкой на участке кривой 2-4, оставляя практически неизменной остальную часть кривой, а прогиб под точкой 3 показывает, насколько при изменении положения точки 3 кривая будет следовать за этой точкой.



Рисунок 3 – Зона «влияния» управляющей точки 3

Аналогично на рис. 4-6 видны влияния остальных точек.

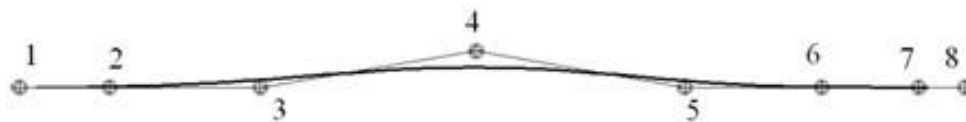


Рисунок 4 – Зона «влияния» управляющей точки 4



Рисунок 5 – Зона «влияния» управляющей точки 5

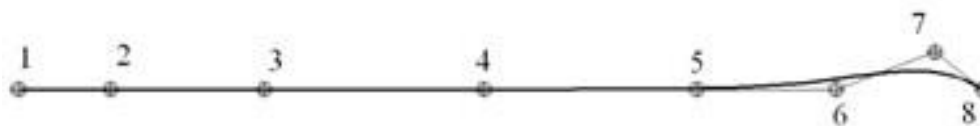


Рисунок 6 – Зона «влияния» управляющей точки 7

Тестовые примеры демонстрируют получение разных модифицированных NURBS-кривых.

На рис.7 с помощью точек 2,3,4 увеличена выпуклость в первой половине кривой путем «поднимания» этих точек, а с помощью точек 5,6,7 во второй половине кривой выпуклость уменьшена путем их «опускания».

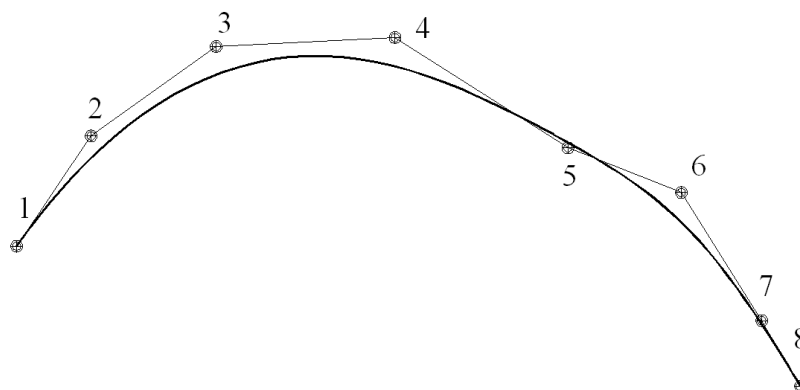


Рисунок 7 – Тестовый пример 1: модифицированная NURBS-кривая

На рис. 8, наоборот, в первой половине кривой выпуклость уменьшена путем «опускания» управляющих точек 2,3,4, а во второй – увеличена путем «поднимания» точек 5,6,7.

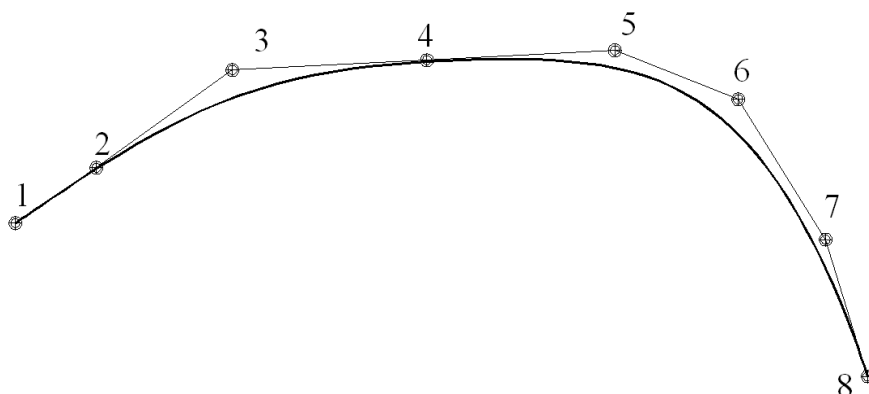


Рисунок 8 – Тестовый пример 2: модифицированная NURBS-кривая

Выводы и предложения. В статье предложена методика управления формой NURBS-кривой на основе применения эпюр влияния управляющих точек, что позволяет прогнозировать форму моделирования кривой. Дальнейшие исследования будут проводиться в направлении управления формой NURBS-кривой с помощью изменения весов управляющих точек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фокс А. Пратт М. Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве: Переведено с английского / А. Фокс, М. Пратт. – М.: Мир, 1982 – 304 с.
2. Бадаев Ю. І. Керування кривою NURBS-кривої 3-го порядку за допомогою ваги контрольних вектор-точок [Текст] / Ю. І.Бадаєв, А. О. Блиндарук // Водний транспорт: зб. наук. праць. – К: КДАВТ, 2015. – Вип. 3 (21). – С. 103-105.
3. Бадаев Ю. І. Можливості локальної модифікації гладкої NURBS – кривої [Текст] // Ю. І.Бадаєв, А. О.Блиндарук // Современные информационные и электронные технологии : междунар. науч.- практ. конф. 2014 г.: сб.тез. докл., т.1.– Одеса, 2014. – С.26-27.

4. Бадаєв Ю. І. Комп'ютерна реалізація проектування криволінійних обводів методом NURBS-технологій вищих порядків [Текст] // Ю. І.Бадаєв, А. О. Блиндарук // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць. – Мелітополь: МДПУ, 2014. – С. 3-6.
5. Лагодіна Л. П. Зважені полікоординатні відображення NURBS-кривих [Текст] / Ю. І. Бадаєв, Л. П. Лагодіна // Водний транспорт. – К. : КДАВТ, 2015. – Вип. 1 (22). – С. 175-179.

Бадаєв Ю.І., Ганношина І.М., Лагодіна Л.П.

УПРАВЛІННЯ ФОРМОЮ NURBS-КРИВОЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ДОПОМІЖНИХ ЕПЮР

В настоящее время в проектировании криволинейных обводов широко применяется метод NURBS-технологий, однако в начале этапа проектирования сложно предсказать результат, полученный этим методом. Поэтому является актуальным разработка методов, которые позволили бы прогнозировать конечный результат.

В статье предложена методика управления формой NURBS-кривой на основе применения эпюр влияния управляющих точек, что позволяет прогнозировать новую форму моделирования кривой. Дальнейшие исследования будут проводится в направлении управления формой NURBS-кривой с помощью изменения весов управляющих точек.

Ключові слова : NURBS-крива, точковий репер, допоміжні епюри.

Badaev Yu., Gannoshina I., Lagodina L.

CONTROL OF FORM NURBS-CURVES WITH THE AID OF ADDITIONAL EPYUR

Currently, the NURBS method is widely used in the design of curved contours, but at the beginning of the design stage it is difficult to predict the result obtained by this method. Therefore, it is actual development of methods that would allow to predict the final result.

The article proposes a method for controlling the shape of a NURBS curve based on the application of the effects of control points influence, which allows predicting a new form of curve simulation. Further research will be conducted in the direction of controlling the shape of the NURBS curve by changing the weights of control points.

Keywords words : NURBS-curve, point bench-mark, auxiliary diagrams.

Шикула Е.Н.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ДЕФОРМАТИВНЫХ СВОЙСТВ ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ СЛОИСТО-ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ КОСОУГОЛЬНОЙ НАМОТКИ

В статье предложена модель нелинейного деформирования слоисто-волоконистых материалов косоугольной намотки с физически нелинейными компонентами. Построен алгоритм для определения их эффективных деформативных свойств и напряженно-деформированного состояния. Исследовано нелинейное деформирование слоисто-волоконистых композитных материалов. Получены кривые деформирования для различных видов простого нагружения. Изучено влияние нелинейности компонентов и величины угла намотки на деформирование композита. Установлено, что нелинейность компонентов и величина угла намотки существенно влияют на эффективные деформативные свойства и напряженно-деформированное состояние слоисто-волоконистых композитов.

Ключевые слова: слоисто-волоконистые композитные материалы косоугольной намотки, физическая нелинейность, напряженно-деформированное состояние, эффективные деформативные свойства

Постановка проблемы. Многие однородные и композитные материалы при увеличении нагрузки проявляют нелинейный характер зависимостей между макронапряжениями и макродеформациями. Это может быть обусловлено физической нелинейностью деформирования компонентов [1]. Такой вид нелинейности является типичным для композитов на основе пластической металлической матрицы, а также на основе полимеров при повышенных температурах. Экспериментальные исследования показывают [2], что при достаточно высоких температурах нелинейно деформируются также высокомодульные материалы типа стекловолокон.

На рис. 1 приведены графики экспериментальной зависимости напряжения от деформации для органического стекла при различных температурах.

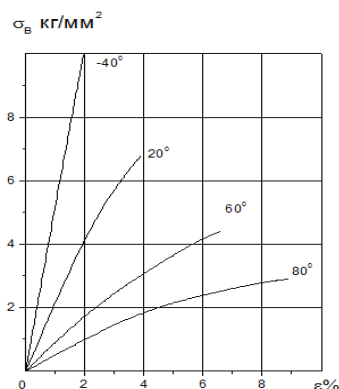


Рисунок 1 – Экспериментальная зависимость напряжения от деформации для органического стекла при различных температурах

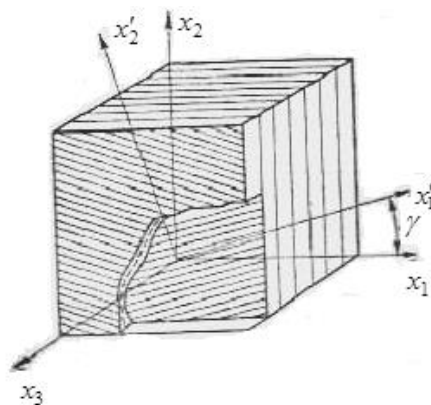


Рисунок 2 – Слоисто-волоконистый композитный материал

Как видим, при достаточно высокой температуре зависимость между напряжением и деформацией имеет параболический характер. Поэтому представляет интерес исследование физически нелинейного деформирования композитных материалов при нелинейном деформировании как матрицы, так и волокон.

Анализ последних достижений и публикаций. Нелинейные волокнистые и слоисто-волокнистые композитные материалы изучались многими авторами: Е.В. Карпов, С.А. Капустин, В.А. Горохов, Ю.А. Чурилов, Ю.Г. Слепнев, С.А. Вульфган, Т.Д. Семькина, Л.П. Цуканова, Р.Г. Куликов, Н.А. Труфанов, А.М. Полатов, Л.В. Назаренко и др. Однако авторы или рассматривали материалы с нелинейной или упругопластической матрицей и упругими волокнами, или применяли упрощенную теорию трансверсально-упругой пластичности, предложенную Б.Я. Победря. Однако не было исследовано деформирование волокнистых и слоисто-волокнистых композитов в случае нелинейного деформирования как связующего, так и волокон. Для волокнистых материалов эта задача была решена в работах Е.Н. Шикулы, Л.П. Хорошуна [3, 4].

Цель исследования. Построение модели нелинейного деформирования слоисто-волокнистых композитных материалов с нелинейно деформирующимися связующим и волокнами.

Основные результаты исследования. Рассмотрим слоисто-волокнистый композитный материал косоугольной намотки. Это слоистый материал, в котором каждый слой представляет собой однонаправленный волокнистый композитный материал, причем возможны два типа слоев с различными углами ориентации, при этом объемное содержание слоев с различной ориентацией волокон одинаково, кроме того, одинаковы упругие характеристики и объемные содержания волокон и связующего в слоях с различной ориентацией волокон (см. рис. 2). Мы будем рассматривать композит, в котором волокна и связующее изготовлены из изотропного физически нелинейного материала.

Нелинейные уравнения для определения эффективных деформативных свойств и напряженно-деформированного состояния композита. Выберем глобальную систему координат для слоисто-волокнистого материала так, чтобы волокна в слоях лежали в плоскости x_1x_2 , а ось x_3 была нормальной к плоскостям всех слоев. Угол между направлением волокон в слое и осью x_1 примем равным γ . Для слоисто-волокнистых материалов косоугольной намотки возможны два типа слоев с углами ориентации $\gamma_1 = \gamma$ и $\gamma_2 = -\gamma$. Выберем локальную систему координат слоя так, чтобы ось x'_1 совпадала с направлением волокон в этом слое, а ось x'_3 – с осью x_3 , нормальной к плоскостям всех слоев.

Определение напряженно-деформированного состояния и эффективных деформативных характеристик слоисто-волокнистых материалов сводится к двум последовательным задачам. Первая задача: определение напряженно-деформированного состояния волокон $\langle \sigma_{pq}^1 \rangle$, $\langle \varepsilon_{pq}^1 \rangle$ и связующего $\langle \sigma_{pq}^2 \rangle$, $\langle \varepsilon_{pq}^2 \rangle$ слоя и эффективных свойств однонаправленного волокнистого материала, составляющего слой, λ_{11}^* , λ_{22}^* , λ_{12}^* , λ_{23}^* , λ_{55}^* при заданных деформациях слоя $\langle \varepsilon_{pq} \rangle$. Вторая задача: определение напряженно-деформированного состояния слоя $\langle \sigma_{pq} \rangle$, $\langle \varepsilon_{pq} \rangle$ и эффективных свойств слоисто-волокнистого материала l_{11}^* , l_{22}^* , l_{33}^* , l_{12}^* , l_{13}^* , l_{23}^* , l_{44}^* , l_{55}^* , l_{66}^* при заданных макродеформациях композита $\langle \varepsilon_{pq} \rangle$.

Рассмотрим однонаправленный волокнистый материал, составляющий слой. Обозначим объемные содержания волокон и связующего материала соответственно c_1 и c_2 , а модули объемного сжатия и сдвига волокон и связующего соответственно K_1 , μ_1 и K_2 , μ_2 . Предполагаем, что объемные деформации компонентов являются линейными, т.е. модули объемного сжатия K_1 , K_2 не зависят от деформаций, а сдвиговые деформации описываются нелинейными диаграммами. Тогда зависимости между средними в волокнистом материале

напряжениями $\langle \sigma_{pq} \rangle_l$ и деформациями $\langle \varepsilon_{pq} \rangle_l$ в локальной системе координат слоя можно записать в виде

$$\begin{aligned} \langle \sigma_{11} \rangle_l &= \lambda_{11}^* \langle \varepsilon_{11} \rangle_l + \lambda_{12}^* \langle \varepsilon_{rr} \rangle_l; \quad \langle \sigma_{km} \rangle_l = (\lambda_{22}^* - \lambda_{23}^*) \langle \varepsilon_{km} \rangle_l + (\lambda_{12}^* \langle \varepsilon_{11} \rangle_l + \lambda_{23}^* \langle \varepsilon_{rr} \rangle_l) \delta_{km}; \\ \langle \sigma_{1k} \rangle_l &= 2\lambda_{44}^* \langle \varepsilon_{1k} \rangle_l \quad (k, m, r = 2, 3), \end{aligned} \quad (1)$$

где эффективные деформативные характеристики слоя $\lambda_{11}^*, \lambda_{22}^*, \lambda_{12}^*, \lambda_{23}^*, \lambda_{55}^*$ зависят от деформаций в слое $\langle \varepsilon_{pq} \rangle_l$ и в локальной системе координат этого слоя определяются через модули объемного сжатия и сдвига волокон K_1, μ_1 и связующего этого слоя K_2, μ_2 формулами [5-7]

$$\begin{aligned} \lambda_{11}^* &= c_1(\lambda_1 + 2\mu_1) + c_2(\lambda_2 + 2\mu_2) - \frac{c_1 c_2 (\lambda_1 - \lambda_2)^2}{c_1(\lambda_2 + \mu_2) + c_2(\lambda_1 + \mu_1) + m}; \\ \lambda_{12}^* &= c_1 \lambda_1 + c_2 \lambda_2 - \frac{c_1 c_2 (\lambda_1 + \mu_1 - \lambda_2 - \mu_2)(\lambda_1 - \lambda_2)}{c_1(\lambda_2 + \mu_2) + c_2(\lambda_1 + \mu_1) + m}; \\ \lambda_{22}^* + \lambda_{23}^* &= 2c_1(\lambda_1 + \mu_1) + 2c_2(\lambda_2 + \mu_2) - \frac{2c_1 c_2 (\lambda_1 + \mu_1 - \lambda_2 - \mu_2)^2}{c_1(\lambda_2 + \mu_2) + c_2(\lambda_1 + \mu_1) + m}; \\ \lambda_{22}^* - \lambda_{23}^* &= 2c_1 \mu_1 + 2c_2 \mu_2 - \frac{2c_1 c_2 (\mu_1 - \mu_2)^2}{c_1 \mu_2 + c_2 \mu_1 + \frac{mn}{n+2m}}; \quad \lambda_{55}^* = c_1 \mu_1 + c_2 \mu_2 - \frac{c_1 c_2 (\mu_1 - \mu_2)^2}{c_1 \mu_2 + c_2 \mu_1 + m}, \end{aligned} \quad (2)$$

где

$$\lambda_\chi = K_\chi - \frac{2}{3} \mu_\chi \quad (\chi = 1, 2); \quad m = c_1 \mu_1 + c_2 \mu_2; \quad n = c_1(\lambda_1 + \mu_1) + c_2(\lambda_2 + \mu_2), \quad (3)$$

если жесткость связующего слоя больше жесткости волокон в этом слое, и

$$m = \left(\frac{c_1}{\mu_1} + \frac{c_2}{\mu_2} \right)^{-1}; \quad n = \left(\frac{c_1}{\lambda_1 + \mu_1} + \frac{c_2}{\lambda_2 + \mu_2} \right)^{-1}, \quad (4)$$

если жесткость волокон слоя больше жесткости связующего этого слоя.

В локальной системе координат средние в волокнах $\langle \varepsilon_{pq}^1 \rangle$ и связующем $\langle \varepsilon_{pq}^2 \rangle$ слоя деформации связаны со средними деформациями в слое $\langle \varepsilon_{pq} \rangle_l$ зависимостями [5-7]:
в волокнах

$$\begin{aligned} \langle \varepsilon_{11}^1 \rangle &= \frac{1}{\Delta_1} \{ [(\lambda_{11}^* - \lambda_2 - 2\mu_2)a_1 - 2(\lambda_{12}^* - \lambda_2)a_2] \langle \varepsilon_{11} \rangle_l + \\ &+ [(\lambda_{12}^* - \lambda_2)a_1 - (\lambda_{22}^* + \lambda_{23}^* - 2\lambda_2 - 2\mu_2)a_2] (\langle \varepsilon_{22} \rangle_l + \langle \varepsilon_{33} \rangle_l) \}; \\ \langle \varepsilon_{pq}^1 \rangle &= \frac{\lambda_{22}^* - \lambda_{23}^* - 2\mu_2}{2c_1(\mu_1 - \mu_2)} \langle \varepsilon_{pq} \rangle_l + \frac{1}{\Delta_1} \{ [(\lambda_{12}^* - \lambda_2)(a_1 - a_2) - (\lambda_{11}^* - \lambda_2 - 2\mu_2)a_2] \langle \varepsilon_{11} \rangle_l + \\ &+ [-(\lambda_{22}^* - \lambda_2 - 2\mu_2)a_2 + (\lambda_{23}^* - \lambda_2)a_1 - (\lambda_{12}^* - \lambda_2)a_2] (\langle \varepsilon_{22} \rangle_l + \langle \varepsilon_{33} \rangle_l) \}; \end{aligned}$$

$$\langle \varepsilon_{1q}^1 \rangle = \frac{\lambda_{55}^* - \mu_2}{c_1(\mu_1 - \mu_2)} \langle \varepsilon_{1q} \rangle_l \quad (p, q = 2, 3), \quad (5)$$

в связующем

$$\begin{aligned} \langle \varepsilon_{11}^2 \rangle &= \frac{1}{\Delta_2} \{ [(\lambda_{11}^* - \lambda_1 - 2\mu_1)a_1 - 2(\lambda_{12}^* - \lambda_1)a_2] \langle \varepsilon_{11} \rangle_l + \\ &+ [(\lambda_{12}^* - \lambda_1)a_1 - (\lambda_{22}^* + \lambda_{23}^* - 2\lambda_1 - 2\mu_1)a_2] (\langle \varepsilon_{22} \rangle_l + \langle \varepsilon_{33} \rangle_l) \}; \\ \langle \varepsilon_{pq}^2 \rangle &= \frac{\lambda_{22}^* - \lambda_{23}^* - 2\mu_1}{2c_2(\mu_2 - \mu_1)} \langle \varepsilon_{pq} \rangle_l + \frac{1}{\Delta_2} \{ [(\lambda_{12}^* - \lambda_1)(a_1 - a_2) - (\lambda_{11}^* - \lambda_1 - 2\mu_1)a_2] \langle \varepsilon_{11} \rangle_l + \\ &+ [-(\lambda_{22}^* - \lambda_1 - 2\mu_1)a_2 + (\lambda_{23}^* - \lambda_1)a_1 - (\lambda_{12}^* - \lambda_1)a_2] (\langle \varepsilon_{22} \rangle_l + \langle \varepsilon_{33} \rangle_l) \}; \\ \langle \varepsilon_{1q}^2 \rangle &= \frac{\lambda_{55}^* - \mu_1}{c_2(\mu_2 - \mu_1)} \langle \varepsilon_{1q} \rangle_l \quad (p, q = 2, 3), \end{aligned} \quad (6)$$

Где

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= 2c_1(\mu_1 - \mu_2)(3\lambda_1 + 2\mu_1 - 3\lambda_2 - 2\mu_2); \quad \Delta_2 = 2c_2(\mu_2 - \mu_1)(3\lambda_1 + 2\mu_1 - 3\lambda_2 - 2\mu_2); \\ a_1 &= 2(\lambda_1 + \mu_1 - \lambda_2 - \mu_2); \quad a_2 = (\lambda_1 - \lambda_2). \end{aligned} \quad (7)$$

Средние в слое деформации в локальной $\langle \varepsilon_{pq} \rangle_l$ и общей $\langle \varepsilon_{pq} \rangle$ системах координат этого слоя связаны зависимостями

$$\begin{aligned} \langle \varepsilon_{11} \rangle_l &= \langle \varepsilon_{11} \rangle \cos^2 \gamma + \langle \varepsilon_{22} \rangle \sin^2 \gamma + \langle \varepsilon_{12} \rangle \sin 2\gamma; \\ \langle \varepsilon_{22} \rangle_l &= \langle \varepsilon_{11} \rangle \sin^2 \gamma + \langle \varepsilon_{22} \rangle \cos^2 \gamma - \langle \varepsilon_{12} \rangle \sin 2\gamma; \quad \langle \varepsilon_{33} \rangle_l = \langle \varepsilon_{33} \rangle; \\ \langle \varepsilon_{12} \rangle_l &= \langle \varepsilon_{12} \rangle \cos 2\gamma + \frac{1}{2}(\langle \varepsilon_{22} \rangle - \langle \varepsilon_{11} \rangle) \sin 2\gamma; \\ \langle \varepsilon_{13} \rangle_l &= \langle \varepsilon_{13} \rangle \cos \gamma + \langle \varepsilon_{23} \rangle \sin \gamma; \quad \langle \varepsilon_{23} \rangle_l = -\langle \varepsilon_{13} \rangle \sin \gamma + \langle \varepsilon_{23} \rangle \cos \gamma. \end{aligned} \quad (8)$$

Рассмотрим слоисто-волоконистый материал косоугольной намотки. Будем считать, что заданы макродеформации $\langle \varepsilon_{pq} \rangle$ в композите. Тогда макронапряжения $\langle \sigma_{pq} \rangle$ связаны с ними зависимостями

$$\begin{aligned} \langle \sigma_{11} \rangle &= l_{11}^* \langle \varepsilon_{11} \rangle + l_{12}^* \langle \varepsilon_{22} \rangle + l_{13}^* \langle \varepsilon_{33} \rangle; \quad \langle \sigma_{22} \rangle = l_{12}^* \langle \varepsilon_{11} \rangle + l_{22}^* \langle \varepsilon_{22} \rangle + l_{23}^* \langle \varepsilon_{33} \rangle; \\ \langle \sigma_{33} \rangle &= l_{13}^* \langle \varepsilon_{11} \rangle + l_{23}^* \langle \varepsilon_{22} \rangle + l_{33}^* \langle \varepsilon_{33} \rangle; \quad \langle \sigma_{15} \rangle = l_{44}^* \langle \varepsilon_{13} \rangle; \quad \langle \sigma_{23} \rangle = l_{55}^* \langle \varepsilon_{23} \rangle; \quad \langle \sigma_{12} \rangle = l_{66}^* \langle \varepsilon_{12} \rangle. \end{aligned} \quad (9)$$

где эффективные деформативные характеристики композитного материала $l_{11}^*, l_{22}^*, l_{33}^*, l_{12}^*, l_{13}^*, l_{23}^*, l_{44}^*, l_{55}^*, l_{66}^*$ являются функциями макродеформаций $\langle \varepsilon_{pq} \rangle$.

Эффективные модули упругости l_{pq}^* слоисто-волоконистого композита определяются формулами [7, 8]

$$l_{11}^* = \lambda_{12}^* + (\lambda_{22}^* - \lambda_{12}^*) \sin^4 \gamma + (\lambda_{11}^* - \lambda_{12}^*) \cos^4 \gamma + \lambda_{55}^* \sin^2 2\gamma;$$

$$\begin{aligned}
 l_{12}^* &= \lambda_{12}^* + \frac{1}{4}(\lambda_{11}^* + \lambda_{22}^* - 2\lambda_{12}^* - 4\lambda_{55}^*)\sin^2 2\gamma; \quad l_{13}^* = \lambda_{12}^* + \lambda_{23}^* \sin^2 \gamma; \quad l_{23}^* = \lambda_{12}^* + \lambda_{23}^* \cos^2 \gamma; \\
 l_{22}^* &= \lambda_{12}^* + (\lambda_{22}^* - \lambda_{12}^*)\cos^4 \gamma + (\lambda_{11}^* - \lambda_{12}^*)\sin^2 \gamma + \lambda_{55}^* \sin^2 2\gamma; \quad l_{33}^* = \lambda_{22}^*; \\
 l_{66}^* &= l_{66} - \frac{l_{36}^2}{l_{33}^*}; \quad l_{44}^* = l_{44} - \frac{l_{45}^2}{l_{55}^*}; \quad l_{55}^* = l_{55} - \frac{l_{45}^2}{l_{44}^*},
 \end{aligned} \tag{10}$$

где

$$\begin{aligned}
 l_{36} &= \frac{1}{2}(\lambda_{12}^* - \lambda_{23}^*)\sin 2\gamma; \quad l_{66} = \lambda_{55}^* + \frac{1}{4}(\lambda_{11}^* + \lambda_{22}^* - 2\lambda_{12}^* - 4\lambda_{55}^*)\sin^2 2\gamma; \\
 l_{44} &= \frac{1}{2}(\lambda_{22}^* - \lambda_{23}^*)\sin^2 \gamma + \lambda_{55}^* \cos^2 \gamma; \quad l_{45} = \frac{1}{4}(2\lambda_{55}^* - \lambda_{22}^* + \lambda_{23}^*)\sin 2\gamma; \\
 l_{55} &= \frac{1}{2}(\lambda_{22}^* - \lambda_{23}^*)\cos^2 \gamma + \lambda_{55}^* \sin^2 \gamma.
 \end{aligned} \tag{11}$$

В общей системе координат средние слое деформации $\langle \varepsilon_{pq} \rangle$ связаны с макродеформациями $\langle \varepsilon_{pq} \rangle$ соотношениями

$$\begin{aligned}
 \langle \varepsilon_{km} \rangle &= \langle \varepsilon_{km} \rangle \quad (k, m = 1, 2); \quad \langle \varepsilon_{33} \rangle = \langle \varepsilon_{33} \rangle \mp \frac{2l_{36}}{l_{33}^*} \langle \varepsilon_{12} \rangle; \\
 \langle \varepsilon_{13} \rangle &= \langle \varepsilon_{13} \rangle \mp \frac{2l_{45}}{l_{55}^*} \langle \varepsilon_{23} \rangle; \quad \langle \varepsilon_{23} \rangle = \langle \varepsilon_{23} \rangle \mp \frac{2l_{45}}{l_{44}^*} \langle \varepsilon_{13} \rangle.
 \end{aligned} \tag{12}$$

Здесь знак “–” относится к слоям с ориентацией волокон γ , знак “+” – к слоям с ориентацией волокон $-\gamma$.

Зависимости (2) – (8), (10) – (12) представляют собой систему нелинейных уравнений для определения эффективных деформативных характеристик композита и средних деформаций в волокнах и связующем слое.

Алгоритм для определения эффективных деформативных свойств и напряженно-деформированного состояния композита. Решение системы нелинейных уравнений (2) – (8), (10) – (12) можем построить итерационным методом по следующей схеме. Примем, что объемные деформации и напряжения в волокнах и связующем связаны линейно, то есть их модули объемного сжатия $K_\chi = \lambda_\chi + \frac{2}{3}\mu_\chi$ ($\chi = 1, 2$) не зависят от деформаций, а девиаторы напряжений и деформаций связаны нелинейным законом

$$\langle \sigma_{pq}^\chi \rangle = 2\mu_\chi (J_\varepsilon^\chi) \langle \varepsilon_{pq}^\chi \rangle; \quad J_\varepsilon^\chi = (\langle \varepsilon_{pq}^\chi \rangle' \langle \varepsilon_{pq}^\chi \rangle')^{1/2} \quad (\chi = 1, 2) \tag{13}$$

При этом предполагаем, что нелинейные диаграммы деформирования волокон и связующего при малых деформациях имеют линейные участки, которым соответствуют модули сдвига соответственно $\mu_1(0)$ и $\mu_2(0)$.

Эффективные деформативные характеристики волокнистого композита, образующего слой, в локальной системе координат слоя в n -ом приближении $\lambda_{11}^{*(n)}, \lambda_{22}^{*(n)}, \lambda_{12}^{*(n)}, \lambda_{23}^{*(n)}, \lambda_{55}^{*(n)}$ определяются формулами

$$\lambda_{11}^{*(n)} = c_1[\lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) + 2\mu_1(J_\varepsilon^{1(n)})] + c_2[\lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}) + 2\mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})] -$$

$$\begin{aligned}
 & - \frac{c_1 c_2 [\lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - \lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)})]^2}{c_1 [\lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}) + \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})] + c_2 [\lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) + \mu_1(J_\varepsilon^{1(n)})] + m}; \\
 & \lambda_{12}^{*(n)} = c_1 \lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) + c_2 \lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}) - \\
 & - \frac{c_1 c_2 [\lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) + \mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - \lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}) - \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})][\lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - \lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)})]}{c_1 [\lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}) + \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})] + c_2 [\lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) + \mu_1(J_\varepsilon^{1(n)})] + m}; \\
 & \lambda_{22}^{*(n)} + \lambda_{23}^{*(n)} = 2c_1 [\lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) + \mu_1(J_\varepsilon^{1(n)})] + 2c_2 [\lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}) + \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})] - \\
 & - \frac{2c_1 c_2 [\lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) + \mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - \lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}) - \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})]^2}{c_1 [\lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}) + \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})] + c_2 [\lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) + \mu_1(J_\varepsilon^{1(n)})] + m}; \\
 & \lambda_{22}^{*(n)} - \lambda_{23}^{*(n)} = 2c_1 \mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}) + 2c_2 \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)}) - \frac{2c_1 c_2 [\mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})]^2}{c_1 \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)}) + c_2 \mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}) + \frac{mn}{n+2m}}; \\
 & \lambda_{55}^{*(n)} = c_1 \mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}) + c_2 \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)}) - \frac{c_1 c_2 [\mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})]^2}{c_1 \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)}) + c_2 \mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}) + m}, \quad (14)
 \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}
 & \lambda_\chi(J_\varepsilon^{\chi(n)}) = K_\chi - \frac{2}{3} \mu_\chi(J_\varepsilon^{\chi(n)}) \quad (\chi = 1, 2); \\
 & m = c_1 \mu_1(0) + c_2 \mu_2(0); \quad n = c_1 [\lambda_1(0) + \mu_1(0)] + c_2 [\lambda_2(0) + \mu_2(0)], \quad (15)
 \end{aligned}$$

если жесткость связующего слоя больше жесткости волокон в этом слое, и

$$m = \left[\frac{c_1}{\mu_1(0)} + \frac{c_2}{\mu_2(0)} \right]^{-1}; \quad n = \left[\frac{c_1}{\lambda_1(0) + \mu_1(0)} + \frac{c_2}{\lambda_2(0) + \mu_2(0)} \right]^{-1}, \quad (16)$$

если жесткость волокон слоя больше жесткости связующего этого слоя.

Эффективные деформативные характеристики слоисто-волоконистого композитного материала косоугольной намотки в глобальной системе координат в n -ом приближении связаны с эффективными характеристиками волоконистого композита в n -ом приближении (14) – (16) зависимостями

$$\begin{aligned}
 & l_{11}^{*(n)} = \lambda_{12}^{*(n)} + (\lambda_{22}^{*(n)} - \lambda_{12}^{*(n)}) \sin^4 \gamma + (\lambda_{11}^{*(n)} - \lambda_{12}^{*(n)}) \cos^4 \gamma + \lambda_{55}^{*(n)} \sin^2 2\gamma; \\
 & l_{12}^{*(n)} = \lambda_{12}^{*(n)} + \frac{1}{4} (\lambda_{11}^{*(n)} + \lambda_{22}^{*(n)} - 2\lambda_{12}^{*(n)} - 4\lambda_{55}^{*(n)}) \sin^2 2\gamma; \\
 & l_{13}^{*(n)} = \lambda_{12}^{*(n)} + \lambda_{23}^{*(n)} \sin^2 \gamma; \quad l_{23}^{*(n)} = \lambda_{12}^{*(n)} + \lambda_{23}^{*(n)} \cos^2 \gamma; \\
 & l_{22}^{*(n)} = \lambda_{12}^{*(n)} + (\lambda_{22}^{*(n)} - \lambda_{12}^{*(n)}) \cos^4 \gamma + (\lambda_{11}^{*(n)} - \lambda_{12}^{*(n)}) \sin^2 \gamma + \lambda_{55}^{*(n)} \sin^2 2\gamma; \quad l_{33}^{*(n)} = \lambda_{22}^{*(n)}; \\
 & l_{66}^{*(n)} = l_{66}^{(n)} - \frac{(l_{36}^{(n)})^2}{l_{33}^{(n)}}; \quad l_{44}^{*(n)} = l_{44}^{(n)} - \frac{(l_{45}^{(n)})^2}{l_{55}^{(n)}}; \quad l_{55}^{*(n)} = l_{55}^{(n)} - \frac{(l_{45}^{(n)})^2}{l_{44}^{(n)}}, \quad (17)
 \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}
 l_{36}^{(n)} &= \frac{1}{2}(\lambda_{12}^{*(n)} - \lambda_{23}^{*(n)}) \sin 2\gamma; & l_{66}^{(n)} &= \lambda_{55}^{*(n)} + \frac{1}{4}(\lambda_{11}^{*(n)} + \lambda_{22}^{*(n)} - 2\lambda_{12}^{*(n)} - 4\lambda_{55}^{*(n)}) \sin^2 2\gamma; \\
 l_{44}^{(n)} &= \frac{1}{2}(\lambda_{22}^{*(n)} - \lambda_{23}^{*(n)}) \sin^2 \gamma + \lambda_{55}^{*(n)} \cos^2 \gamma; & l_{45}^{(n)} &= \frac{1}{4}(2\lambda_{55}^{*(n)} - \lambda_{22}^{*(n)} + \lambda_{23}^{*(n)}) \sin 2\gamma; \\
 l_{55}^{(n)} &= \frac{1}{2}(\lambda_{22}^{*(n)} - \lambda_{23}^{*(n)}) \cos^2 \gamma + \lambda_{55}^{*(n)} \sin^2 \gamma.
 \end{aligned} \tag{18}$$

Средние в слоях деформации в $(n+1)$ -ом приближении $\langle \varepsilon_{pq} \rangle^{(n+1)}$ связаны с макродеформациями $\langle \varepsilon_{pq} \rangle$ соотношениями

$$\begin{aligned}
 \langle \varepsilon_{km} \rangle^{(n+1)} &= \langle \varepsilon_{km} \rangle \quad (k, m=1, 2); & \langle \varepsilon_{33} \rangle^{(n+1)} &= \langle \varepsilon_{33} \rangle \mp \frac{2l_{36}^{(n)}}{l_{33}^{*(n)}} \langle \varepsilon_{12} \rangle; \\
 \langle \varepsilon_{13} \rangle^{(n+1)} &= \langle \varepsilon_{13} \rangle \mp \frac{2l_{45}^{(n)}}{l_{55}^{(n)}} \langle \varepsilon_{23} \rangle; & \langle \varepsilon_{23} \rangle^{(n+1)} &= \langle \varepsilon_{23} \rangle \mp \frac{2l_{45}^{(n)}}{l_{44}^{(n)}} \langle \varepsilon_{13} \rangle.
 \end{aligned} \tag{19}$$

Средние в слоях деформации в $(n+1)$ -ом приближении в локальной $\langle \varepsilon_{pq} \rangle_l^{(n+1)}$ и глобальной $\langle \varepsilon_{pq} \rangle^{(n+1)}$ системах координат этого слоя связаны зависимостями

$$\begin{aligned}
 \langle \varepsilon_{11} \rangle_l^{(n+1)} &= \langle \varepsilon_{11} \rangle^{(n+1)} \cos^2 \gamma + \langle \varepsilon_{22} \rangle^{(n+1)} \sin^2 \gamma + \langle \varepsilon_{12} \rangle^{(n+1)} \sin 2\gamma; \\
 \langle \varepsilon_{22} \rangle_l^{(n+1)} &= \langle \varepsilon_{11} \rangle^{(n+1)} \sin^2 \gamma + \langle \varepsilon_{22} \rangle^{(n+1)} \cos^2 \gamma - \langle \varepsilon_{12} \rangle^{(n+1)} \sin 2\gamma; & \langle \varepsilon_{33} \rangle_l^{(n+1)} &= \langle \varepsilon_{33} \rangle^{(n+1)}; \\
 \langle \varepsilon_{12} \rangle_l^{(n+1)} &= \langle \varepsilon_{12} \rangle^{(n+1)} \cos 2\gamma + \frac{1}{2}(\langle \varepsilon_{22} \rangle^{(n+1)} - \langle \varepsilon_{11} \rangle^{(n+1)}) \sin 2\gamma; \\
 \langle \varepsilon_{13} \rangle_l^{(n+1)} &= \langle \varepsilon_{13} \rangle^{(n+1)} \cos \gamma + \langle \varepsilon_{23} \rangle^{(n+1)} \sin \gamma; \\
 \langle \varepsilon_{23} \rangle_l^{(n+1)} &= -\langle \varepsilon_{13} \rangle^{(n+1)} \sin \gamma + \langle \varepsilon_{23} \rangle^{(n+1)} \cos \gamma.
 \end{aligned} \tag{20}$$

В локальной системе координат средние в волокнах $\langle \varepsilon_{pq}^1 \rangle^{(n+1)}$ и связующем $\langle \varepsilon_{pq}^2 \rangle^{(n+1)}$ слоя деформации в $(n+1)$ -ом приближении связаны со средними деформациями в слое $(n+1)$ -ом приближении $\langle \varepsilon_{pq} \rangle_l^{(n+1)}$ зависимостями:

в волокнах

$$\begin{aligned}
 \langle \varepsilon_{11}^1 \rangle^{(n+1)} &= \frac{1}{\Delta_1^{(n+1)}} \{[(\lambda_{11}^{*(n)} - \lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}) - 2\mu_2(J_\varepsilon^{2(n)}))a_1^{(n+1)} - 2(\lambda_{12}^{*(n)} - \lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}))a_2^{(n+1)}] \langle \varepsilon_{11} \rangle_l^{(n+1)} + \\
 &+ [(\lambda_{12}^{*(n)} - \lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}))a_1^{(n+1)} - (\lambda_{22}^{*(n)} + \lambda_{23}^{*(n)} - 2\lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}) - 2\mu_2(J_\varepsilon^{2(n)}))a_2^{(n+1)}] (\langle \varepsilon_{22} \rangle_l^{(n+1)} + \langle \varepsilon_{33} \rangle_l^{(n+1)})\}; \\
 \langle \varepsilon_{pq}^1 \rangle^{(n+1)} &= \frac{\lambda_{22}^{*(n)} - \lambda_{23}^{*(n)} - 2\mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})}{2c_1[\mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})]} \langle \varepsilon_{pq} \rangle_l^{(n+1)} + \frac{1}{\Delta_1^{(n+1)}} \{[(\lambda_{12}^{*(n)} - \lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}))(a_1^{(n+1)} - a_2^{(n+1)}) - \\
 &- (\lambda_{11}^{*(n)} - \lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}) - 2\mu_2(J_\varepsilon^{2(n)}))a_2^{(n+1)}] \langle \varepsilon_{11} \rangle_l^{(n+1)} + \\
 &+ [-(\lambda_{22}^{*(n)} - \lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}) - 2\mu_2(J_\varepsilon^{2(n)}))a_2^{(n+1)} + (\lambda_{23}^{*(n)} - \lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}))a_1^{(n+1)} -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -(\lambda_{12}^{*(n)} - \lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}))a_2^{(n+1)}][\langle \varepsilon_{22} \rangle_l^{(n+1)} + \langle \varepsilon_{33} \rangle_l^{(n+1)}]\}; \\
 & \langle \varepsilon_{1q}^1 \rangle^{(n+1)} = \frac{\lambda_{55}^{*(n)} - \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})}{c_1[\mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})]} \langle \varepsilon_{1q} \rangle_l^{(n+1)} \quad (p, q = 2, 3), \quad (21)
 \end{aligned}$$

В СВЯЗУЮЩЕМ

$$\begin{aligned}
 \langle \varepsilon_{11}^2 \rangle^{(n+1)} &= \frac{1}{\Delta_2^{(n+1)}} \{[(\lambda_{11}^{*(n)} - \lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - 2\mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}))a_1^{(n+1)} - 2(\lambda_{12}^{*(n)} - \lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}))a_2^{(n+1)}] \langle \varepsilon_{11} \rangle_l^{(n+1)} + \\
 & + [(\lambda_{12}^{*(n)} - \lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}))a_1^{(n+1)} - (\lambda_{22}^{*(n)} + \lambda_{23}^{*(n)} - 2\lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - 2\mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}))a_2^{(n+1)}] \langle \varepsilon_{22} \rangle_l^{(n+1)} + \langle \varepsilon_{33} \rangle_l^{(n+1)}\}; \\
 \langle \varepsilon_{pq}^2 \rangle^{(n+1)} &= \frac{\lambda_{22}^{*(n)} - \lambda_{23}^{*(n)} - 2\mu_1(J_\varepsilon^{1(n)})}{2c_2[\mu_2(J_\varepsilon^{2(n)}) - \mu_1(J_\varepsilon^{1(n)})]} \langle \varepsilon_{pq} \rangle_l^{(n+1)} + \frac{1}{\Delta_2^{(n+1)}} \{[(\lambda_{12}^{*(n)} - \lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}))a_1^{(n+1)} - a_2^{(n+1)}] - \\
 & - (\lambda_{11}^{*(n)} - \lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - 2\mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}))a_2^{(n+1)}] \langle \varepsilon_{11} \rangle_l^{(n+1)} + \\
 & + [-(\lambda_{22}^{*(n)} - \lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - 2\mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}))a_2^{(n+1)} + (\lambda_{23}^{*(n)} - \lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}))a_1^{(n+1)} - \\
 & - (\lambda_{12}^{*(n)} - \lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}))a_2^{(n+1)}] \langle \varepsilon_{22} \rangle_l^{(n+1)} + \langle \varepsilon_{33} \rangle_l^{(n+1)}\}; \\
 \langle \varepsilon_{1q}^2 \rangle^{(n+1)} &= \frac{\lambda_{55}^{*(n)} - \mu_1(J_\varepsilon^{1(n)})}{c_2[\mu_2(J_\varepsilon^{2(n)}) - \mu_1(J_\varepsilon^{1(n)})]} \langle \varepsilon_{1q} \rangle_l^{(n+1)} \quad (p, q = 2, 3), \quad (22)
 \end{aligned}$$

Где

$$\begin{aligned}
 \Delta_1^{(n+1)} &= 2c_1[\mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})][3\lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) + 2\mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - 3\lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}) - 2\mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})]; \\
 \Delta_2^{(n+1)} &= 2c_2[\mu_2(J_\varepsilon^{2(n)}) - \mu_1(J_\varepsilon^{1(n)})][3\lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) + 2\mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - 3\lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}) - 2\mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})]; \\
 a_1^{(n+1)} &= 2[\lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) + \mu_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - \lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)}) - \mu_2(J_\varepsilon^{2(n)})]; \quad a_2^{(n+1)} = [\lambda_1(J_\varepsilon^{1(n)}) - \lambda_2(J_\varepsilon^{2(n)})]. \quad (23)
 \end{aligned}$$

В качестве нулевого приближения выбирается случай линейного деформирования слоисто-волоконистого композитного материала.

Исследование влияния нелинейности компонентов на деформирование композита.

В качестве конкретной задачи исследуем нелинейное деформирование слоисто-волоконистого композитного материала, у которого модули объемного сжатия волокон K_1 и связующего K_2 в слоях постоянны, а модули сдвига μ_χ ($\chi = 1, 2$) задаются функциями

$$\mu_1(J_\varepsilon^1) = \begin{cases} \mu_{01}, & J_\varepsilon^1 < \frac{k_1}{2\mu_{01}}; \\ \mu_{01} - \mu'_1 \left(1 - \frac{k_1}{2J_\varepsilon^1}\right), & J_\varepsilon^1 \geq \frac{k_1}{2\mu_{01}}; \end{cases} \quad \mu_2(J_\varepsilon^2) = \begin{cases} \mu_{02}, & J_\varepsilon^2 < \frac{k_2}{2\mu_{02}}; \\ \mu'_2 + \left(1 - \frac{\mu'_2}{\mu_{02}}\right) \frac{k_{i2}}{2J_\varepsilon^{i2}}, & J_\varepsilon^2 \geq \frac{k_2}{2\mu_{02}}, \end{cases} \quad (24)$$

где $\mu_{0\chi}$, μ'_χ , $k_\chi = \sigma_{0\chi} \sqrt{\frac{2}{3}}$ – постоянные волокон (при $\chi = 1$) и связующего (при $\chi = 2$) слоя, $\sigma_{0\chi}$ – предел их текучести, $J_\varepsilon^\chi = (\langle \varepsilon_{pq}^\chi \rangle' \langle \varepsilon_{pq}^\chi \rangle')^{\frac{1}{2}}$, $\langle \varepsilon_{pq}^\chi \rangle'$ – девиатор средних в волокнах (при $\chi = 1$) или связующем (при $\chi = 2$) деформаций.

При выполнении расчетов в качестве компонентов взяты соответственно стекловолокна, которые имеют диаграмму нелинейного деформирования (3.12) с постоянными [2, 8, 10, 11]

$$K_1 = 27,78 \text{ ГПа}; \quad \mu_{01} = 20,83 \text{ ГПа}; \quad \mu'_1 = 0,184 \text{ ГПа}; \quad \sigma_{01} = 1,8 \text{ ГПа}, \quad (25)$$

объемным содержанием $c_1 = 0; 0,2; 0,4; 0,6; 1,0$

и эпоксидная матрица, которая имеет диаграмму линейного упрочнения (3.13) с постоянными [2, 10-12]

$$K_2 = 3,33 \text{ ГПа}; \quad \mu_{02} = 1,11 \text{ ГПа}; \quad \mu'_2 = 0,02 \text{ ГПа}; \quad \sigma_{02} = 0,12 \text{ ГПа}. \quad (26)$$

На основе полученных зависимостей были исследованы эффективные диаграммы нелинейного деформирования слоисто-волокнутого композитного материала при различных объемных концентрациях компонентов в слоях и различных значениях угла намотки.

В случае, когда задано одноосное растяжение композита

$$\langle \varepsilon_{11} \rangle \neq 0; \quad \langle \sigma_{22} \rangle = \langle \sigma_{33} \rangle = 0, \quad (27)$$

макронапряжения $\langle \sigma_{11} \rangle$ композита связаны с макродеформациями $\langle \varepsilon_{11} \rangle$ соотношением

$$\langle \sigma_{11} \rangle = \frac{1}{l_{22}^* l_{33}^* - (l_{23}^*)^2} [l_{11}^* l_{22}^* l_{33}^* + 2l_{12}^* l_{13}^* l_{23}^* - (l_{12}^*)^2 l_{33}^* - (l_{13}^*)^2 l_{22}^* - (l_{23}^*)^2 l_{11}^*] \langle \varepsilon_{11} \rangle. \quad (28)$$

При этом в уравнениях имеют место равенства

$$\langle \varepsilon_{22} \rangle = \frac{l_{13}^* l_{23}^* - l_{12}^* l_{33}^*}{l_{22}^* l_{33}^* - (l_{23}^*)^2} \langle \varepsilon_{11} \rangle; \quad \langle \varepsilon_{33} \rangle = \frac{l_{12}^* l_{23}^* - l_{13}^* l_{22}^*}{l_{22}^* l_{33}^* - (l_{23}^*)^2} \langle \varepsilon_{11} \rangle. \quad (29)$$

На рис. 3 показаны кривые зависимостей $\langle \sigma_{11} \rangle / \mu_2$ от $\langle \varepsilon_{11} \rangle$ для разных значений угла намотки $\gamma = \pi/12, \pi/6, \pi/4$. Здесь сплошной линией изображены кривые деформирования при $\gamma = \pi/12$, штриховой линией – при $\gamma = \pi/6$ и точечной линией – при $\gamma = \pi/4$.

В случае, когда задано одноосное растяжение композита

$$\langle \varepsilon_{22} \rangle \neq 0; \quad \langle \sigma_{11} \rangle = \langle \sigma_{33} \rangle = 0, \quad (30)$$

макронапряжения $\langle \sigma_{22} \rangle$ композита связаны с макродеформациями $\langle \varepsilon_{22} \rangle$ соотношением

$$\langle \sigma_{22} \rangle = \frac{1}{l_{11}^* l_{33}^* - (l_{13}^*)^2} [l_{11}^* l_{22}^* l_{33}^* + 2l_{12}^* l_{13}^* l_{23}^* - (l_{12}^*)^2 l_{33}^* - (l_{13}^*)^2 l_{22}^* - (l_{23}^*)^2 l_{11}^*] \langle \varepsilon_{22} \rangle. \quad (31)$$

При этом в уравнениях имеют место равенства

$$\langle \varepsilon_{11} \rangle = \frac{l_{13}^* l_{23}^* - l_{12}^* l_{33}^*}{l_{11}^* l_{33}^* - (l_{13}^*)^2} \langle \varepsilon_{22} \rangle; \quad \langle \varepsilon_{33} \rangle = \frac{l_{12}^* l_{13}^* - l_{23}^* l_{11}^*}{l_{11}^* l_{33}^* - (l_{13}^*)^2} \langle \varepsilon_{22} \rangle \quad (32)$$

На рис. 4 показаны кривые зависимостей $\langle \sigma_{22} \rangle / \mu_2$ от $\langle \varepsilon_{22} \rangle$ для разных значений угла намотки $\gamma = \pi/12, \pi/6, \pi/4$. Здесь приняты те же обозначения, что и на рис. 3.

Графики показывают существенное влияние нелинейности деформативных свойств компонентов на деформирование стекловолокниста. Как видно, при $c_1 > 0$ кривые зависимостей $\langle \sigma_{11} \rangle / \mu_2$ от $\langle \varepsilon_{11} \rangle$ имеют параболический характер, а для зависимости $\langle \sigma_{22} \rangle / \mu_2$ от $\langle \varepsilon_{22} \rangle$ при $0 < c_1 < 0,4$ кривая деформирования состоит из двух линейных участков.

Величина угла намотки γ существенно влияет на кривые деформирования для зависимости $\langle \sigma_{11} \rangle / \mu_2$ от $\langle \varepsilon_{11} \rangle$. С увеличением угла γ для фиксированной деформации $\langle \varepsilon_{11} \rangle$ напряжение $\langle \sigma_{11} \rangle$ возрастает. Для зависимости $\langle \sigma_{22} \rangle / \mu_2$ от $\langle \varepsilon_{22} \rangle$ с увеличением угла γ для фиксированной деформации $\langle \varepsilon_{22} \rangle$ напряжение $\langle \sigma_{22} \rangle$ убывает, причем для достаточно больших углов γ ($\gamma = \pi/6 \div \pi/4$) влияние угла намотки γ на кривые деформирования незначительно.

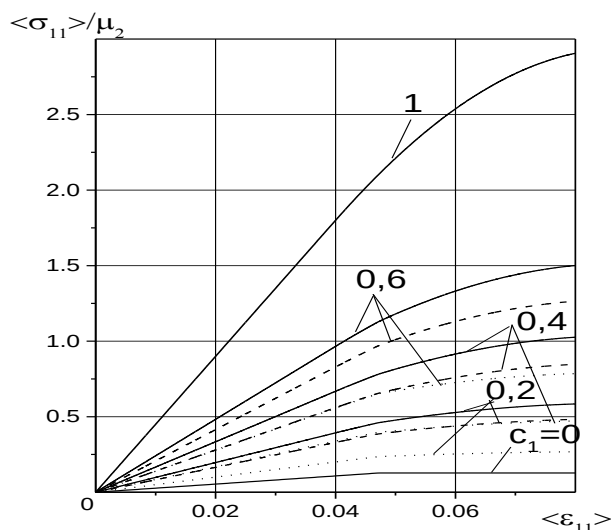


Рисунок 3 – Кривые зависимостей макронапряжения $\langle \sigma_{11} \rangle$ от макродоформации $\langle \varepsilon_{11} \rangle$ для разных значений угла намотки γ .

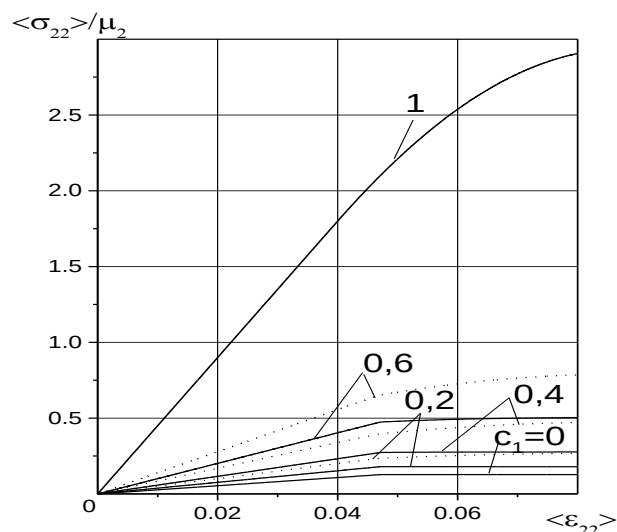


Рисунок 4 – Кривые зависимостей макронапряжения $\langle \sigma_{22} \rangle$ от макродоформации $\langle \varepsilon_{22} \rangle$ для разных значений угла намотки γ .

Выводы. В настоящей работе решена задача о нелинейном деформировании слоисто-волоконистых композитных материалов косоугольной намотки с физически нелинейными компонентами. Для таких материалов предложена модель нелинейного деформирования, построены алгоритмы определения эффективных деформативных свойств и напряженно-деформированного состояния, а также исследовано влияние нелинейности на деформирование композита.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каудерер Г. Нелинейная механика. – М.: Изд-во иностр. лит., 1961. – 777 с.
2. Вулф Б. К., Ромадин К. П. Авиационное материаловедение. – Москва: Машиностроение, 1967. – 422 с.
3. Шикун Е. Н., Хорошун Л. П. Нелинейное деформирование волоконистых материалов // Водний транспорт. Збірник наукових праць Київської державної академії водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного. – К.: КДАВТ, 2016. – № 2 (25). – С. 29 - 36.
4. Хорошун Л. П., Шикун Е. Н. Модель нелинейного деформирования волоконистых композитных материалов с физически нелинейными компонентами // XVI Міжнародна наукова конференція «Математичні проблеми технічної механіки». – 2016. – С.

5. Хорошун Л. П. Методы теории случайных функций в задачах о макроскопических свойствах микронеоднородных сред // Прикл. механика. – 1978. – 14. № 2. – С. 3-17.
6. Хорошун Л. П. Метод условных моментов в задачах механики композитных материалов // Прикл. механика. – 1987. – 23, № 10. – С. 100-108.
7. Хорошун Л. П., Маслов Б. П., Шикула Е. Н., Назаренко Л. В. Статистическая механика и эффективные свойства материалов. – Киев: Наук, думка, 1993. – 389 с. (Механика композитов: в 12-ти т.; Т. 3).
8. Гузь А. Н., Хорошун Л. П., Ванин Г. А. и др. Механика материалов. – Киев: Наук, думка, 1982. – 368 с. (Механика композитных материалов и элементов конструкций: В 3-х т.; Т. 1).
9. Хорошун Л. П., Шикула Е. Н. Нелинейные деформативные свойства дисперсно-упрочненных материалов // Механика композитных материалов. – 2002. – 38, № 4. – С. 473-486.
10. Креггерс А. Ф. Математическое моделирование термического расширения пространственно армированных композитов // Механика композитных материалов. – 1988. – № 3. – С. 433-441.
11. Михеев С. В., Строганов Г. Б., Ромашин А. Г. Керамические и композиционные материалы в авиационной технике. – Москва: Альтекс, 2002. – 276 с.
12. Белов А. Ф., Бенедиктовна Г. П., Висков А. С. и др. Строение и свойства авиационных материалов. – Москва: Металлургия, 1989. – 368 с.

Шикула О.М.

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ДЕФОРМАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФІЗИЧНО НЕЛІНІЙНИХ ШАРУВАТО-ВОЛОКНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ КОСОКУТНОГО НАМОТУВАННЯ

В статті запропонована модель нелінійного деформування шарувато-волокнистих матеріалів косокутного намотування з фізично нелінійними компонентами. Побудовано алгоритм для визначення їх ефективних деформативних властивостей і напружено-деформованого стану. Досліджено нелінійне деформування шарувато-волокнистих композитних матеріалів. Одержано криві деформування для різних видів простого навантаження. Досліджено вплив нелінійності компонентів та величини кута намотування на деформування композита. Встановлено, що нелінійність компонентів та величина кута намотування суттєво впливають на ефективні деформативні властивості та напружено-деформований стан шарувато-волокнистих композитів.

Ключові слова: шарувато-волокнисті композитні матеріали косокутного намотування, фізична нелінійність, напружено-деформований стан, ефективні деформативні властивості

Shikula E.

PROGRAM IMPLEMENTATION OF THE ALGORITHM FOR THE DETERMINATION OF EFFECTIVE DEFORMATIVE PROPERTIES OF PHYSICALLY NON-LINEAR LAYERED-FIBROUS MATERIALS OF A OBLIQUE-ANGLED WINDING

A model of nonlinear deformation of layered-fibrous composite materials of oblique-angled winding under physically nonlinear deformation of components is formulated. Algorithms of determination of their effective deformative properties and stress-strain state is constructed. The nonlinear deformation of layered-fibrous composites is investigated. Deformation curves for different types of simple loading are constructed. Influence of a nonlinearity of the deformation of components and value of winding angle on the effective deformative properties of composite materials is studied. It is established that the nonlinearity of the components and value of winding angle significantly effect on the effective deformative properties and stress-strain state of layered-fibrous composites.

Keywords: layered-fibrous composite materials of oblique-angled winding, physically nonlinear deformation of components, effective deformative properties, the influence of nonlinearity.

Ткаченко О.А., Ткаченко О.І.

ДЕЯКІ АСПЕКТИ СИТУАЦІЙНО-СЕМАНТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ, ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ

Розробка складних систем потребує попереднього моделювання їхніх управлінських, інформаційних та інших складових. Моделювання складних об'єктів, процесів та систем може ґрунтуватися на різних моделях, вибір яких обумовлюється поставленими задачами та предметною областю.

Автори пропонують моделювання складних об'єктів, процесів та систем на основі багаторівневої моделі особливого класу семантичних мереж – ситуаційно-семантичних мереж, в яких ситуації обумовлюють не тільки опис моделі на будь-якому її рівні, а й перехід від одного рівня до іншого.

Тому метою даної статті є дослідження семантичних мереж, визначення їх основних принципів та запропонування нового класу семантичних мереж для багаторівневого моделювання складних об'єктів, процесів та систем з урахуванням стандартизації ситуацій, в яких можуть опинитися ці об'єкти, процеси та системи.

Формалізований опис моделі дозволяє визначити стан складного об'єкту, процесу (в тому числі й інформаційного) чи системи, проаналізувати та спрогнозувати дії щодо їх розвитку та вдосконаленню.

Ключові слова: моделювання складних об'єктів, процесів та систем, ситуаційно-семантична мережа, стан складного об'єкту, процесу чи системи, параметри ситуаційно-семантичного моделювання.

Постановка проблеми. Розробка складних систем в наш час потребує попереднього моделювання їхніх управлінських, інформаційних та інших складових. Моделювання складних об'єктів, процесів та систем може ґрунтуватися на різних моделях, вибір яких обумовлюється поставленими задачами та предметною областю.

Автори пропонують моделювання складних об'єктів, процесів та систем на основі багаторівневої моделі особливого класу семантичних мереж (СМ) – ситуаційно-семантичних мереж (ССМ), в яких ситуації обумовлюють не тільки опис моделі на будь-якому її рівні, а й перехід від одного рівня до іншого. ССМ застосовується при моделюванні об'єктів, процесів та систем, їх аналізі, визначенні їхніх структур, структуризації інформаційних потоків, ситуаційному описі подій, станів, процесів та результатів моделювання. Маніпулюючи ССМ, можна отримати нові знання про складний об'єкт, систему, уникаючи небезпеки та значних витрат.

Аналіз останніх наукових досліджень і публікацій. Вивченням і теоретичним обґрунтуванням процесів моделювання складних об'єктів, процесів і систем, класифікацією моделей, їх формалізованим описом і практичним застосуванням займалися К. Петрі, Дж. Питерсон, О.Л. Перевозчикова, Є.Л. Ющенко, Д.А. Поспелов, Т.А. Гаврилюк, В.Ф. Хорошевський, Ф.С. Робертс [1–5].

Серед науковців, що займаються проблемами моделювання складних об'єктів, процесів та систем, слід відзначити таких зарубіжних та вітчизняних вчених: А.А. Самарський, А.П. Михайлов, А.А. Петров, І.Г. Поспелов, А.А. Шананин, А.Д. Мишкіс, Б.Я. Советов, С.А. Яковлев, Д.А. Зайцев, В.Б. Мараховський, Л.Я. Розенблум, А.В. Яковлев [6–12].

Виділення невирішених частин загальної проблеми. Незважаючи на великий інтерес вчених до визначеної тематики, питання багаторівневого моделювання складних об'єктів,

процесів та систем на основі однієї моделі ще мало розроблені, недостатньо дослідженні та потребують свого вирішення. Зокрема, у статті пропонується підхід до багаторівневого моделювання складних об'єктів, процесів та систем на основі нового класу СМ – ситуаційно-семантичних мереж.

Метою даної статті є дослідження СМ, визначення їх основних принципів та запропонування нового класу СМ – СММ для багаторівневого моделювання складних об'єктів, процесів та систем з урахуванням стандартизації ситуацій, в яких можуть опинитися ці об'єкти, процеси та системи.

Викладення основного матеріалу. Семантичне моделювання є одним із засобів моделювання складних об'єктів, процесів та систем.

Семантична мережа – система знань предметної області, що має певний зміст у вигляді цілісного образу мережі, вузли якої відповідають об'єктам (поняттям предметної області, компонентам системи, складовим процесу тощо), а дуги – відносинам між ними.

Формалізація СМ можлива за умов її систематизації. Наприклад, в моделі Куїлліана [14] функції відносин між поняттями систематизуються за допомогою таких ознак: *відносини* (наприклад, «абстрактне – конкретне», «ціле – частина», «причина – наслідок»); *умови застосування відносин*; *зв'язки* (кон'юнктивні, диз'юнктивні, виключаюче АБО).

СМ може бути задано трійкою: $M_{sm} = \{G_{sm}, H_{sm}, U_{sm}\}$, де G_{sm} – множина об'єктів (вузлів), $G_{sm} \neq \emptyset$; H_{sm} – множина зв'язків між вузлами (дуг), $H_{sm} \subseteq (G_{sm} \cup G_{sm})$; $dom(H_{sm}) \cup ran(H_{sm}) = G_{sm}$, де $dom(H_{sm}) = \{y \in G_{sm} | \exists x \in G_{sm}, (x, y) \in H_{sm}\}$, $ran(H_{sm}) = \{y \in G_{sm} | \exists x \in G_{sm}, (x, y) \in H_{sm}\}$, тобто будь-який вузол СМ інцидентний хоча б одному вузлу СМ. U_{sm} – множина навантажень на елементи H_{sm} . $G_{sm} = \{G_{sm}^i\}$, де G_{sm}^i – i -ий вузол СМ, $H_{sm} = \{H_{sm}^j\}$, де H_{sm}^j – j -а дуга, $U_{sm} = \{U_{sm}^{jk}\}$, де U_{sm}^{jk} – k -е навантаження на j -й дузі СМ.

При побудові СМ кількість елементів та їхніх зв'язків не обмежується, а систематизація відносин між об'єктами мережі необхідна для подальшої формалізації. Систематизація відносин СМ є складною проблемою і залежить від конкретної предметної області. При систематизації важливу роль відіграє ієрархія відносин, які можна поділити на: загальнозначущі, що є характерними для майже всіх предметних областей, значущі, що є характерними для багатьох предметних областей, специфічні, що є характерними для окремої предметної області [13]. Виділяють такі види СМ [14]:

1. *Логіко-семантична*, що описує об'єкт у термінах предметної області, включаючи всі логічно несуперечливі твердження і факти.
2. *Структурно-функціональна*, що розглядає об'єкт як цілісний, розділяючи його на окремі важливі елементи.
3. *Причинно-наслідкова*, що використовується для опису динаміки складних процесів.

Приклади використання СМ. WordNet [15] – СМ для англійської мови, розроблена в Принстонському університеті, і випущена разом з супутнім програмним забезпеченням під вільною ліцензією. Базовою словниковою одиницею в WordNet є не окреме слово, а так званий синонімічний ряд («сінсети»), який об'єднує слова зі схожим значенням, що пов'язані відношеннями синонімії, тобто розділення множини лексичних одиниць на класи еквівалентності, що виражають сутність відповідних понять (див. рис.1). Приклади сінсетів: {good, fine}, {man, adult male}.

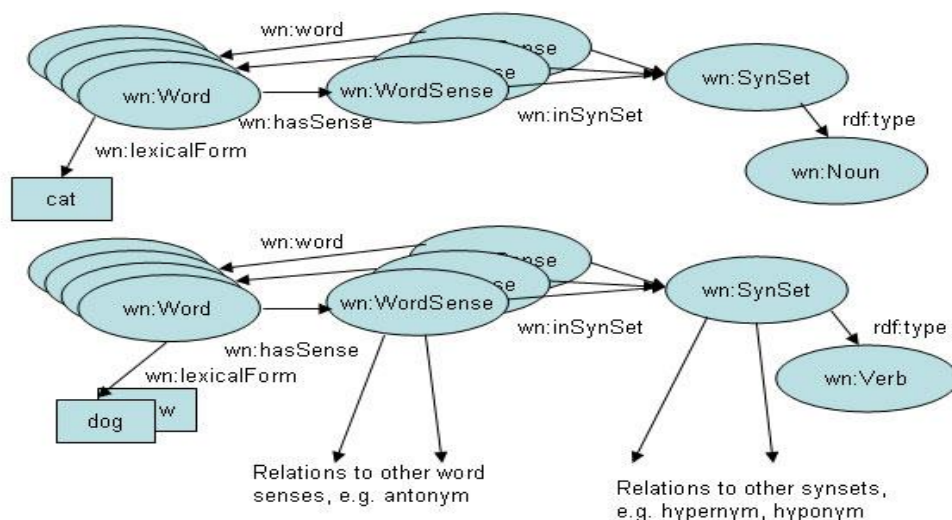


Рисунок 1 – Класифікація лексичних одиниць у WordNet

Словник лексем складається з мереж для основних частин мови: іменників, дієслів, прикметників і прислівників (див. рис. 2). Лексема може з'являтися більш ніж в одному сінсеті і мати більш однієї категорії частини мови. Кожен сінсет містить список синонімів і показники, що описують відносини між ним та іншими сінсетами. Лексеми, що мають кілька значень, включаються в декілька сінсетів і можуть бути зараховані до різних класів.

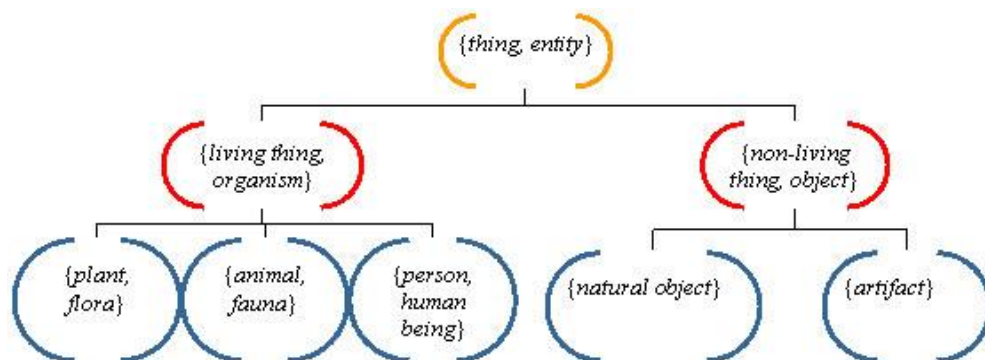


Рисунок 2 – СМ словника лексичних одиниць у WordNet

Авторами пропонується СМ, яка враховує ще й ситуативність функціонування об'єктів, процесів та систем. Всі ситуації, згідно яких здійснюється моделювання складного об'єкту, процесу чи системи можна поділити на: штатні та нештатні [13]. Штатні ситуації можна поділити на: загальнозначимі, загальні та специфічні. Використання ситуацій та їх типізації сприяє багаторівневості запропонованої моделі (ССМ).

Формально ССМ можна задати так: $M_{ssm} = \{G_{ssm}, H_{ssm}, U_{ssm}, S_{ssm}\}$, де G_{ssm} – множина об'єктів (вузлів), $G_{ssm} \neq \emptyset$; H_{ssm} – множина зв'язків між вузлами (дуг), $H_{ssm} \subseteq (G_{ssm} \cup G_{ssm})$; $dom(H_{ssm}) \cup ran(H_{ssm}) = G_{ssm}$, де $dom(H_{ssm}) = \{y \in G_{ssm} | \exists x \in G_{ssm}, (x, y) \in H_{ssm}\}$, $ran(H_{ssm}) = \{y \in G_{ssm} | \exists x \in G_{ssm}, (x, y) \in H_{ssm}\}$, тобто будь-який вузол ССМ інцидентний хоча б одному вузлу ССМ; U_{ssm} – множина навантажень на елементи H_{ssm} ; S_{ssm} – множина ситуацій, в яких відбувається функціонування ССМ. $G_{ssm} = \{G_{ssm}^i\}$, де G_{ssm}^i – і-ий вузол ССМ; $H_{ssm} = \{H_{ssm}^j\}$, де H_{ssm}^j – j-а дуга ССМ; $U_{ssm} = \{U_{ssm}^j\}$, де U_{ssm}^j – j-е навантаження на j-й дузі ССМ; $S_{ssm} = \{S_{ssm}^i\}$, де S_{ssm}^i – ситуація, що визначає семантику i-го вузла ССМ.

Маршрут – послідовність вузлів $x_1, \dots, x_k$ мережі M_{ssm} таких, що $P_{ssm\ 1k} = \{(x_1, x_2), \dots, (x_{k-1}, x_k)\} \in H_{ssm} \times H_{ssm}$. Шлях $P_{ssm\ 1k} = \{x_1, \dots, x_k\}$ веде з вузла x_1 у вузол x_k . Маршрут $P_{ssm\ xy}$ з вузла x у вузол y є циклом, якщо жоден з вузлів не з'являється в ньому більше одного разу, дуга $(x, y) \in H_{ssm}$ і її початок x співпадає з її кінцем y .

ССМ належить до СМ, хоча й є особливим класом цих моделей. Всі моделі можна поділити на: динамічні та статичні. *Статична модель* описує зв'язок між елементами об'єкту (процесу, системи) в умовах рівноваги та/або відсутності зміни стану, який обумовлюється ситуацією/ситуаціями функціонування об'єкту (процесу, системи). *Динамічною* є модель, в якій причинно-наслідкові зв'язки визначають динамічний процес переходу з одного стану в інший. ССМ є класом причинно-наслідкових динамічних моделей паралельних дій, що відбуваються в об'єкті (процесі, системі).

Моделювання за допомогою ССМ здійснюється на рівні ситуацій (подій, станів) [13]. Визначається, які дії відбуваються в системі, які ситуації (стати) обумовили виконання цих дій і в які ситуації (стати) перейде система після виконання відповідної дії.

Аналіз результатів виконання моделі (СММ) передбачає повідомлення про ситуації, в яких перебував/не перебував об'єкт (процес, система), які ситуації для нього є недосяжними і неможливими. Аналіз функціонування об'єкту на основі ССМ надає кількісні та якісні характеристики його станів. Якщо в ССМ знайдено недоліки, то модель модифікується декілька разів до отримання моделі, адекватної об'єкту.

Компоненти ССМ та їхні дії виступають як події. Прикладами подій можуть бути, зокрема: ситуаційне визначення маршруту на ССМ, згідно якого відбувається обчислення значень критеріїв, що визначають ситуацію. Кожна подія може відбутися один раз, багато разів чи не відбутися жодного разу. Це означає, що подія заблокована і не буде реалізована до виконання відповідних умов.

Ситуаційність моделі обумовлюється функціонуванням об'єктів предметної області та відповідним класом задач. Для того, щоб подія щодо об'єкту (процесу, системи) відбулася, необхідна поява ситуації, при якій ця подія може бути реалізована. *Ситуація* – сукупність умов виникнення події. Подія реалізується, якщо виконані умови її реалізації. Умова може бути невиконана (її ємність дорівнює нулю), виконана (її ємність дорівнює одиниці), виконана з n -кратним запасом (її ємність дорівнює n , де n – натуральне число).

Показники кількісної оцінки ССМ: зв'язність, досяжність, надлишковість, компактність.

Показник зв'язності γ_{zv} для ССМ з n вузлами $\gamma_{zv} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^{(c)}$. Показник надлишковості $\alpha =$

$\gamma_{zv} - 1$. Показник досяжності $\delta_d = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^{(d)}$. Показник компактності $\kappa = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^{(p)}$.

$a_{ij}^{(c)}, a_{ij}^{(d)}, a_{ij}^{(p)}$ – елементи відповідних матриць суміжності, досяжності та відстаней.

ССМ повинна бути: достовірною; адекватною; цілеспрямованою; простою і зрозумілою користувачеві; повною; надійною; такою, що припускає модифікацію. Для адекватного відображення зв'язку між входом і виходом в ССМ використовуються поняття «стан» та «ситуація». Стан $z(t_i)$ є сукупністю властивостей (станів, ситуацій) ССМ, знання яких в момент часу t_i , дозволяє визначити її поведінку в моменти часу $t > t_i$.

Множини і оператори, що складають загальносистемну ССМ, можуть мати різні властивості, сукупність яких дозволяє конкретизувати характер функціонування системи: безперервність; лінійність; стаціонарність; стохастичність (ймовірність). Основні етапи побудови ССМ: «загальносистемна модель $\rightarrow$ системна модель $\rightarrow$ комп'ютерна модель».

Моделювання процесів функціонування об'єктів, процесів та систем повинно починатися з опису всіх компонент загальносистемної моделі, визначення їхнього змісту і областей змін. Необхідно визначити: інтервал часу, на якому відбувається функціонування ССМ; вхідні і вихідні впливи та області їх можливих змін; множини характеристик стану та область їх можливих змін.

Висновки та пропозиції. Запропонована модель:

- дозволяє прогнозувати поведінку складних об'єктів, процесів, систем;
- враховує в силу її динамічності можливість появи нового виду об'єктів предметної області, процесів їх життєдіяльності та систем;
- адекватно реагує на локальні і глобальні фактори впливу на предметну область;
- динамічно змінює свою форму і надає можливість враховувати нові дані для більш точного прогнозування розвитку і вдосконалення відповідної предметної області.

Використання запропонованої ССМ розширює можливості моделювання складних об'єктів, процесів та систем і дозволяє проводити раніше недоступні дослідження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем [Текст] / Дж. Питерсон. – М: Мир, 1984. – 264 с.
2. Перевозчикова О. Л. Основы системного анализа объектов и процессов компьютеризации [Текст] / О.Л. Перевозчикова. – К.: Видавничий дім "Києво-Могилянська академія", 2003. – 432 с.
3. Глушков В. М., Ющенко Е. Л. Вычислительная машина «Киев»: математическое описание [Текст] / В. М. Глушков, Е.Л. Ющенко. – К.: Техн. лит., 1962. – 183 с.
4. Гаврилюк Т. А., Хорошевський В. Ф. Базис знань інтелектуальних систем [Текст] / Т. А. Гаврилюк, В. Ф. Хорошевський – К: Либідь, 2000. – 422 с.
5. Робертс Ф. С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам [Текст] / Ф. С. Робертс. – М.: Наука, 1986. – 496 с.
6. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры [Текст] / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. – М.: Физматлит, 2001. – 374 с.
7. Петров А. А., Поспелов И. Г., Шананин А. А. Опыт математического моделирования экономики [Текст] / А. А. Петров, И. Г. Поспелов, А. А. Шананин. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 544 с.
8. Мышкис А. Д. Элементы теории математических моделей [Текст] / А. Д. Мышкис. – М.: КомКнига, 2007. – 192 с.
9. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем // М.: Высшая школа., 2001. – 343 с.
10. Поспелов Д. А. Ситуационное управление. Теория и практика [Текст] / Д. А. Поспелов. – М.: Наука, 1999. – 288 с.
11. Зайцев Д. А. Универсальная сеть Петри / Кибернетика и системный анализ. – № 4. – 2012. – С. 24-39.
12. Мараховский В. Б., Розенблюм Л. Я., Яковлев А. В. Моделирование параллельных процессов. Сети Петри [Текст] / В. Б. Мараховский, Л. Я. Розенблюм, А. В. Яковлев. – СПб: Проф. литература, ИТ-Подготовка, 2014. – 400 с.
13. Ткаченко О. И. Использование сетей Петри для ситуационного диалога в маршрутных системах ПРОЦЕСС [Текст] / О.И.Ткаченко // Средства представления знаний в информационных технологиях : Сб. научн. тр. – Киев: ИК АНУ, 1992. – С.33-38.
14. Люгер Дж. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем [Текст] / Дж. Люгер. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. – 864 с.
15. WordNet Search – 3.1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://wordnetweb.princeton.edu/perl/webwn>

Ткаченко А.А., Ткаченко О.И.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СИТУАЦИОННО-СЕМАНТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ, ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

Разработка сложных систем требует предварительного моделирования их управлинських, информационных и других составляющих. Моделирование сложных объектов, процессов и

систем может основываться на разных моделях, выбор которых определяется поставленными задачами и предметной областью.

Авторы предлагают моделирование сложных объектов, процессов и систем на основе многоуровневой модели особого класса семантических сетей - ситуационно-семантических сетей, в которых ситуации обуславливают не только описание модели на любом ее уровне, но и переход от одного уровня к другому.

Поэтому целью данной статьи является исследование семантических сетей, определения их основных принципов и предлагаемых нового класса семантических сетей для многоуровневого моделирования сложных объектов, процессов и систем с учетом стандартизации ситуаций, в которых могут оказаться эти объекты, процессы и системы.

Формализованное описание модели позволяет определить состояние сложного объекта, процесса (в том числе и информационного) или системы, проанализировать и спрогнозировать действия по их развитию и совершенствованию.

Ключевые слова: моделирование сложных объектов, процессов и систем, ситуационно-семантическая сеть, состояние сложного объекта, процесса и системы, параметры ситуационно-семантического моделирования.

Tkachenko O., Tkachenko O.

SOME ASPECTS OF SITUATION-SEMANTIC MODELING OF COMPLEX OBJECTS, PROCESSES AND SYSTEMS

The development of complex systems requires the preliminary modeling of their management, information and other components. Simulation of complex objects, processes and systems can be based on different models, the choice of which is determined by the tasks and subject area.

The authors propose the simulation of complex objects, processes and systems based on the multilevel model of a special class of semantic networks - situational-semantic networks, in which situations cause not only the description of the model at any level, but also the transition from one level to another.

Therefore, the purpose of this article is to study semantic networks, to define their basic principles, and to propose a new class of semantic networks for multilevel modeling of complex objects, processes, and systems, taking into account the standardization of situations in which these objects, processes and systems can appear.

Formalized description of the model allows to determine the state of a complex object, process (including information) or system, to analyze and predict actions on their development and improvement.

Keywords: modeling complex objects, processes and systems, situational and semantic network, the state of a complex object, process and system, the parameters of situational and semantic modeling.

Овчарук І.В., Пристінська А.А.

АНАЛІЗ ЧУТЛИВОСТІ ЗОРОВОГО СПРИЙНЯТТЯ ІНФОРМАЦІЇ ЛЮДИНОЮ НА ОСНОВІ СТЕГАНОГРАФІЧНОГО МЕТОДУ LSB

У статті наведено опис розробленої системи, що використовує стеганографічний метод LSB, який дозволяє захистити текстову інформацію від несанкціонованого доступу шляхом приховування самого факту передачі цієї інформації. Використовуючи стеганографічний метод LSB, емпіричним шляхом проведено аналіз чутливості зорового сприйняття людини щодо модифікації зображення – стеганографічного контейнера при впровадженні в нього повідомлення.

Наведено також огляд напрямків, спрямованих на захист інформації від несанкціонованого доступу, приведені основні методи криптографії та стеганографії.

Ключові слова: комп'ютерна стеганографія, цифрова стеганографія, цифрові зображення, криптографія, криптографічна хеш-функція, контейнер, програмна система, інтерфейс.

Постановка проблеми. Одним з актуальних питань є забезпечення безпеки передачі даних по глобальній мережі [1]. Дані, які передаються між користувачами, повинні залишатися конфіденційними. Більше того, інтернет повинен гарантувати захист користувача і його даних від будь-якого роду атак і загроз. Розвиток нових інформаційних технологій і загальна комп'ютеризація призвели до того, що інформаційна безпека не тільки стає обов'язковою, вона ще є однією з характеристик інформаційних систем.

Інформаційна безпека – це процес забезпечення конфіденційності, доступності та цілісності інформаційних ресурсів, який підтримується великим набором засобів і методів для забезпечення захисту даних від різного виду загроз. Розвиток комп'ютерних мереж та засобів мультимедіа привів до появи нових способів забезпечення безпеки даних при передачі їх через інтернет і інші канали зв'язку (телекомунікації). Однією з важливих галузей інформаційної безпеки є стеганографія. Стеганографія – наука про приховану передачу інформації. Розвитку методів стеганографії сприяє обмеження використання криптографії в ряді країн світу і поява проблеми захисту прав власності на інформацію, представлену в цифровому вигляді (цифровий водяний знак).

Розробка програмних систем для захисту інформації є актуальною задачею у зв'язку з розповсюдженням мультимедійних технологій, а також з масовим використанням мереж для передачі інформації.

Аналіз останніх наукових досліджень і публікацій. Питаннями захисту інформації займалися такі дослідники: Коробейников А.Г., Биков С. Ф., Аграновський А.В., Балакін А.В., Грібунін В.Г., Конахович Г.Ф., Пузиренко А.Ю. Кустов В. Н., Федчук А. А. У їхніх роботах описано метод LSB, використання алгоритмів стиснення в стеганографії [2, 3, 7]. Питання криптографії висвітлені в роботах Алфьорова А.П., Зубова А.Ю., Кузьміна О.С., Черьомушкіна А.В., Окова І.М., де розглянуто захист з використанням різних видів криптосистем [4–6]. Розвиток інформаційних технологій і масове використання мереж призвело до розробки програмних систем захисту інформації від несанкціонованого доступу. З'явилися спеціалізовані системи, наприклад, перевірка аутентифікації, системи створення електронного цифрового підпису. З розвитком комп'ютерних технологій з'явилися

спеціалізовані програмні продукти відповідного призначення, наприклад, JSteg – одна з перших програм для приховування даних в форматі JPEG, не підтримує шифрування прихованих даних. Програми F5, StegHide спеціалізуються на стеганографічних методах.

Метою даної статті є огляд методів захисту інформації та розробка комп'ютерної системи захисту інформації від несанкціонованого доступу з метою прихованої передачі повідомлень за допомогою стеганографічних контейнерів, а також аналіз зорового порогу чутливості людини використовуючи різний ступінь модифікації зображення.

Викладення основного матеріалу. В галузі захисту виділилося два основні напрямки – криптографія і стеганографія. Мета криптографії полягає в блокуванні несанкціонованого доступу до інформації шляхом шифрування змісту секретних повідомлень. Для шифрування відкритих (вихідних) текстів застосовувалися різні типи шифрів: підстановки, перестановки, гамування, комбіновані шифри. Сучасна криптографія має математичну природу і базується на багатьох математичних дисциплінах, таких як: лінійна алгебра, теорія груп, теорія автоматів, математичний аналіз, теорія дискретних функцій, теорія чисел, комбінаторний аналіз, теорія ймовірностей і математична статистика, теорія кодування, та ін.

Криптографічні методи використовуються для вирішення наступних задач: передачі конфіденційної інформації по каналах зв'язку (наприклад, електронна пошта); встановлення достовірності повідомлень, що передаються; зберігання інформації на носіях в зашифрованому вигляді. За принципами використання ключів [8] криптосистеми розділяються на системи з секретним і відкритим ключем. Стійкість будь-якої криптографічної системи визначається ступенем секретності ключа, що в ній використовується.

В криптографії використовуються спеціальні перетворення інформації за допомогою криптографічної хеш-функції, які мають назву – хешування. Існує декілька різновидів криптографічної хеш-функції залежно від методів, що покладені в основу її побудови. До хеш-функцій, що основані на MD-технологіях, відносяться сімейства хеш-функцій MD, SHA та ін. До хеш-функцій, що основані на блочних шифрах, можна віднести MDC – хеш-функції, а до хеш-функцій, що основані на модулярній арифметиці, відносяться хеш-функції сімейства MASH.

Крім криптографії, існує ще ряд напрямків, пов'язаних із захистом інформації. Методи захисту інформації з використанням голографії є актуальним напрямком, що розвивається. Голографія є розділ науки і техніки, що займається вивченням і створенням способів, пристроїв для запису й обробки хвиль різної природи. Оптична голографія заснована на явищі інтерференції хвиль. Інтерференція хвиль – взаємне посилення чи послаблення двох (або більшої кількості) хвиль при їх накладенні при одночасному поширенні в просторі. Картинка, що виникає при інтерференції хвиль, містить інформацію про об'єкт. Якщо цю картинку фіксувати на світлочутливій поверхні, то утворюється голограма. При опроміненні голограми або її ділянки опорною хвилею можна побачити об'ємне тривимірне зображення об'єкта [8]. Голографія застосовувана до хвиль будь-якої природи і в даний час знаходить все більш практичне застосування для ідентифікації продукції різного призначення.

Якщо криптографія – це наука про методи приховування інформації шляхом, її шифрування, то стеганографія вивчає методи, пов'язані з приховуванням самого факту передачі інформації.

Перевага стеганографії над криптографією полягає в тому, що повідомлення не привертають до себе уваги. Повідомлення, факт шифрування яких не прихований, викликають підозру. Таким чином, криптографія захищає зміст повідомлення, а стеганографія захищає сам факт наявності будь-яких прихованих послань.

В даний час виділяють три основних напрями застосування стеганографії: приховування даних (повідомлень), цифрові водяні знаки і заголовки [9].

В основі маскування даних або стеганографічного аналізу лежить робота з фізичними процесами. Аудіосигнали і зображення – це все фізичні процеси. Ми отримуємо цифрові образи звуку або зображення за допомогою аналого-цифрових перетворювачів.

Стеганографія, з точки зору реалізації – це процес накладення слабкого шуму на реалізацію цифрового процесу.

Прогрес в області інформаційних технологій привів до появи нових напрямків в стеганографії – комп'ютерної та цифрової стеганографії.

Комп'ютерна стеганографія – напрям класичної стеганографії, заснований на особливостях комп'ютерної платформи, наприклад, приховування даних шляхом запису інформації в невикористані файлами області, підміна символів в назвах файлів, а також використання методів стеганографії для приховування текстової інформації.

Цифрова стеганографія – напрям класичної стеганографії, заснований на приховуванні або впровадженні додаткової інформації в цифрові об'єкти. Як правило, дані об'єкти є мультимедіа-об'єктами (зображення, відео- або аудіо-файли, текстури 3D-об'єктів), внесення змін до яких викликає лише незначні спотворення, що знаходяться нижче порогу чутливості середньостатистичної людини, що не призводить до помітних змін цих об'єктів. Це дозволяє приховувати, наприклад, текстові файли в графічних файлах.

При цьому, криптографічні та стеганографічні методи можуть бути об'єднані і використані для підвищення ефективності захисту інформації

Стеганографічні системи використовуються для вирішення наступних основних задач: захист конфіденційної інформації від несанкціонованого доступу; захист авторського права на деякі види інтелектуальної власності, задачі аутентифікації, відстеження поширення інформації з мереж зв'язку, а також пошуку інформації в мультимедійних базах даних.

В рамках цифрової стеганографії, на відміну від комп'ютерної, не розглядаються питання впровадження даних в заголовки IP-пакетів і файлів різних форматів, в текстові повідомлення.

Значна частина досліджень в області цифрової стеганографії присвячена вбудовуванню конфіденційних повідомлень і цифрових водяних знаків в статичну графіку, наприклад, в файли форматів, що не використовують стиснення (BMP, або Windows Bitmap). В даний час розроблено велику кількість алгоритмів вбудовування інформації та цифрових водяних знаків в графічні файли, що використовують стиснення з втратами (в тому числі і JPEG).

Приховування впроваджуваних даних, які в більшості випадків мають великий обсяг, пред'являє серйозні вимоги до контейнера: розмір контейнера в кілька разів повинен перевищувати розмір вбудованих даних.

Відкритий текст, де прихована інформація, що зашифрована стеганографічним алгоритмом, називається контейнером. За протяжністю контейнери можна поділити на два типи: безперервні (потоків) і обмеженої (фіксованої) довжини. Контейнер може бути згенерований самою стегосистемою. Наприклад, як контейнер для вбудовування повідомлення може генеруватися фрактал Мандельброта. Такий підхід називають конструюючою стеганографією.

До методів приховування інформації відносять, наприклад, методи заміни найменшого значущого біта (Least Significant Bits – LSB). Суть методу полягає в приховуванні інформації шляхом зміни останніх бітів зображення, які кодують колір, на біти повідомлення, що приховується. Різниця між порожнім і заповненим контейнерами повинна бути не відчутна для органів сприйняття людини. Модифікація молодших бітів у більшості випадків не викликає значної трансформації зображення і не виявляється візуально [9].

Іншим методом вбудовування повідомлень є використання особливостей форматів даних, що використовують стиснення з втратою даних (наприклад, JPEG). Цей метод (на відміну від LSB) більш стійкий до геометричних перетворень і виявлення каналу передачі, так як є можливість в широкому діапазоні варіювати якість стисненого зображення, що робить неможливим визначення походження спотворення.

До методів приховування даних відноситься метод Куттера-Джордана-Боссена (метод «хреста»), який застосовується для вбудовування інформації в зображення [10].

При використанні даного методу 1 біт повідомлення впроваджується в 1 піксель контейнера. Секретний ключ задає координати пікселів, в які буде здійснюватися вбудовування. Вибір зміни яскравості конкретного кольору обумовлений особливістю зорової

системи людини. Зображення розглядається в моделі RGB. При встановленні яскравості червоного і зеленого кольорів залишаються без змін, яскравість синього – змінюється за формулою:

$$B_{x,e}^* = \begin{cases} B_{x,y} + \lambda Y_{x,y}, & \text{при } m_i = 1 \\ B_{x,y} - \lambda Y_{x,y}, & \text{при } m_i = 0 \end{cases}$$

де, $B_{x,y}$ – яскравість синього кольору пікселя с координатами (x, y); $B_{x,e}^*$ – змінена яскравість синього кольору пікселя; $Y_{x,y}$ – яскравість пікселя; m_i – і-ий біт повідомлення, що вбудовується; λ – коефіцієнт, що задає енергію вбудованого біта даних (задається, виходячи з функціонального призначення і особливості стеганосистеми).

Для отримання інформації використовується прогнозоване значення яскравості пікселя синього кольору.

Одним з найбільш перспективних напрямків комп'ютерної стеганографії є технологія використання цифрових водяних знаків (ЦВЗ, digital watermarking) – у даному випадку, створення невидимих оку знаків захисту авторських прав на графічні та аудіофайли. Такі ЦВЗ поміщаються в файл і розпізнаються спеціальними програмами, які витягують з файлу інформацію про створення файлу, авторські права, як вступити в контакт з автором і т.д.

Цифрові водяні знаки використовуються для захисту авторських або майнових прав на цифрові зображення, фотографії або інші оцифровані твори мистецтва. Основними вимогами, які пред'являються до таких вбудованих даних, є надійність і стійкість до спотворень. Цифрові водяні знаки мають невеликий обсяг, проте, з урахуванням зазначених вище вимог, для їх вбудовування використовуються більш складні методи, ніж для вбудовування просто повідомлень або заголовків. У сучасних системах формування цифрових водяних знаків використовується, наприклад, принцип вбудовування мітки, що є вузькосмуговим сигналом, в широкому діапазоні частот, який маркує зображення.

У роботі створено стеганографічну систему приховування текстової інформації в графічному зображенні, яке є контейнером (рис. 1). Система розроблена в VisualStudio 2010 C# Windows Form.

Для приховування текстової інформації застосовано метод LSB. Суть методу полягає в спотворенні зображення таким чином, щоб ці спотворення не були помітні для людського ока. Як контейнер використовується графічне зображення в форматі BMP. Для представлення кольору використовується колірна модель RGB, тобто колір, який бачить людина, виходить в результаті змішування трьох кольорів Red, Green, Blue (червоного, зеленого, синього). Файл формату BMP, зазвичай, не вживає стиснення, що дає можливість заховати в ньому досить велику кількість інформації. У форматі BMP зображення зберігається як матриця значень відтінків кольору для кожної точки зображення, що зберігається. Якщо жодна з компонент (каналів кольору) простору RGB зберігається в одному байті, вона може набувати значень від 0 до 255 включно, що відповідає 24-х бітній глибині кольору. Особливість зору людини полягає в тому, що вона слабо розрізняє незначні коливання кольору. Кожен колір (піксель) кодується одним байтом (8 біт). У BMP таких кольорів три (червоний, синій, зелений) – разом 3 байти (24 біти). Щоб записати інформацію і при цьому не спотворити зображення, дані записуються в молодші біти кольорів зображення. Тобто, молодші біти в складових кольору пікселя замінюються бітами повідомлення.

Схема заміни молодших бітів:

1 байт повідомлення:

10 101 010

RGB пікселя:

R: 11110000

G: 00001000

B: 11001000

Новий піксель, після заміни молодших бітів:

R: 11110010

G: 00001101

B: 11001010

Величина переданого повідомлення залежить від величини контейнера. У даному випадку контейнер фіксованої довжини. Впроваджене повідомлення не призвело до помітної модифікації контейнера. Тоді отримуємо, що даний метод дозволяє передавати повідомлення розміром 1/8 контейнера, якщо міняти 1 біт або 1/4 контейнера, якщо змінювати 2 останні біти.

Проведемо аналіз чутливості зорового сприйняття людини щодо модифікації зображення. Для 24-бітного кольору зміна в кожному з трьох каналів одного найменш значущого біта (тобто крайнього правого) призводить до зміни менш ніж на 1% інтенсивності даної точки, що дозволяє змінювати їх непомітно для ока.

Зашифруємо повідомлення, що наведено у вікні програми (рис.1)

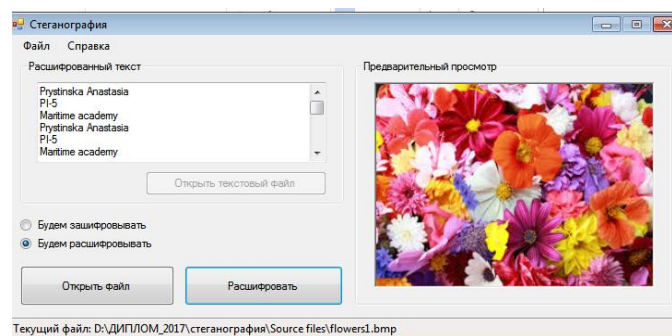


Рисунок 1 – Интерфейс программы

Далі наводяться тільки зображення. На рис.2 наведено контейнер



Рисунок 2 – Контейнер

Експериментальним шляхом було зашифровано інформацію у біти в трьох каналах пікселя (RGB) у різній послідовності. Пораховано у відсотках залежність зміни зображення від зміни різної послідовності бітів.

Замінімо 2 біти в каналі Red (r), Green (g), Blue (b). Нижче наведено порядок заміни бітів методом LSB у відповідних масивах: $r[6] = m[0]$, $r[7] = m[1]$, $g[5] = m[2]$, $g[6] = m[3]$, $g[7] = m[4]$, $b[5] = m[5]$, $b[6] = m[6]$, $b[7] = m[7]$. Тобто, в каналах замінюються молодші біти. Розрахуємо

відсоток зміни кольору пікселів зображення: $V = (2/255 + 3/255 + 3/255 + 3/255) * 100\% = 8/255 * 100\% = 3\%$

Контейнер, що містить повідомлення, наведено на рис.3



Рисунок 3 – Стеганографічний контейнер

Як видно на зображенні, при зміні кольору пікселів на 3%, різниця для ока невідчутна.

Розглянемо ще один приклад. Збільшимо кількість біт, що замінюються, але знову будемо замінювати тільки молодші біти. В кожному замінюються останні 3 біти: $r[5]=m[0]$, $r[6]=m[1]$, $r[7]=m[2]$, $g[5]=m[3]$, $g[6]=m[4]$, $g[7]=m[5]$, $b[5]=m[6]$, $b[6]=m[7]$, $b[7]=m[8]$.

Колір пікселів зображення зміниться на: $V = (3/255 + 3/255 + 3/255) * 100\% = 9/255 * 100 = 3,5\%$.

Контейнер, що містить повідомлення, наведено на рис.4.



Рисунок 4 – Стеганографічний контейнер

У даному випадку маємо незначні спотворення у відтінку, але різниця для ока невідчутна за рахунок того, що змінюються 3 молодші біти.

Тепер замінимо 5 бітів в каналі Red, а в інших двох каналах – по 3 молодших біти. Колір пікселів зображення зміниться на: $V = (5/255 + 3/255 + 3/255) * 100\% = 11/255 = 4\%$

Контейнер, що містить повідомлення, наведено на рис.5.



Рисунок 5 – Стеганографічний контейнер

Зміна червоного кольору стає відчутною для зору людини. Однак, потрібно врахувати, що збільшення розміру переданого повідомлення призводить до більш сильних спотворень у зображенні. Якщо, наприклад, в каналі Red замінити 7 бітів, а в інших змінювати по 3 біти, то колір пікселів зображення зміниться таким чином: $V = (7/255 + 3/255 + 3/255) * 100\% = (13/255) * 100\% = 5\%$

Контейнер, що містить повідомлення, наведено на рис.6.



Рисунок 6 – Стеганографічний контейнер

При зміні кольору пікселів на 5% спотворення на зображенні добре помітні. Аналогічно можна виявити порог чутливості, замінюючи різну кількість бітів по інших кольорових каналах.

Висновок та пропозиції. Розроблена авторами система дозволяє приховувати текстову інформацію в графічному зображенні – стеганографічному контейнері, що дозволяє забезпечити сам факт передачі інформації, а також за допомогою реалізації метода LSB можна проаналізувати чутливість зорового сприйняття людини, отримуючи різний ступінь модифікації зображення. Система завантажує текстове повідомлення та контейнер з відповідних файлів і впроваджує повідомлення в контейнер; дозволяє зашифрувати і дешифрувати інформацію, тобто отримати її з контейнера, у якому повідомлення знаходиться.

ЛІТЕРАТУРА

1. Губенко Н. Е., Сипаков Д. С. Анализ особенностей методов цифровой стеганографии для защиты информации, передаваемой по открытым каналам / Н. Е. Губенко, Д. С. Сипаков // Информатика и кибернетика. – Донецк: ДонНТУ, 2015. – № 2. С. 28-37.

2. Аграновский А. В., Балакин А. В., Грибунин В. Г., Сапожников С. Стеганография, цифровые водяные знаки и стеганоанализ / А. В. Аграновский, А. В. Балакин, В. Г. Грибунин, С. Сапожников. – М.: Вузовская книга, 2009. – 220 с.
3. Грибунин В. Г., Оков И. Н., Туринцев И. В. Цифровая стеганография / В.Г. Грибунин, И. Н. Оков, И. В. Туринцев. – М.: Солон-Пресс, 2002. – 272 с.
4. Алферов А. П., Зубов А. Ю., Кузьмин А. С., Черемушкин А. В. Основы криптографии / А. П. Алферов, А. Ю. Зубов, А. С. Кузьмин, А. В. Черемушкин. – М.: Гелиус АРВ, 2001. – 480 с.
5. Оков И. Н. Криптографические системы защиты информации / И. Н. Оков. – СПб.: ВУС, 2001. – 236 с.
6. Анин Б. Ю. Защита компьютерной информации / Б. Ю. Анин – СПб.: БХВ, 2000. – 384 с.
7. Конахович Г. Ф., Пузыренко А. Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика / Г. Ф. Конахович, А. Ю. Пузыренко. – М.: МК-Пресс, 2006. – 288 с.
8. Криптографические методы защиты информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://edulib.pgta.ru/els/_/disk/27.03.02%20-.pdf
9. Основные положения стеганографии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://citforum.ck.ua/internet/securities/stegano.shtml>
10. Стеганографический метод Куттера-Джордана-Боссена [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cryptowiki.net/index.php?title=File>

Овчарук И.В., Пристинская А.А.

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ ИНФОРМАЦИИ ЧЕЛОВЕКОМ НА ОСНОВЕ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА LSB

В статье приведено описание разработанной системы, использующей стеганографический метод LSB, который позволяет защитить текстовую информацию от несанкционированного доступа путем сокрытия самого факта передачи этой информации. Используя стеганографический метод LSB, эмпирическим путем проведен анализ чувствительности зрительного восприятия человека по модификации изображения – стеганографического контейнера при внедрении в него сообщения. Приведен также обзор направлений по защите информации от несанкционированного доступа, основные методы криптографии и стеганографии.

Ключевые слова: компьютерная стеганография, цифровая стеганография, цифровые изображения, криптография, криптографическая хэш-функция, контейнер, программная система, интерфейс.

Ovcharuk I., Prystinska A.

SENSITIVITY ANALYSIS OF VISUAL PERCEPTION OF INFORMATION BY PERSON, BASED ON LSB STEGANOGRAPHIC METHOD

The article describes the developed system that uses a steganographic method of LSB, which allows to protect text information against unauthorized access by hiding the fact that information was transferred. Using steganography method LSB, empirically was conducted a sensitivity analysis of human visual perception of image modification - the insertion of steganographic container in his message. Also, there are shown overviews of ways to protect information from unauthorized access and given the basic methods of cryptography and steganography.

Keywords: computer steganography, digital steganography, digital images, cryptography, cryptographic hash function, container, software system, interface.

Осипова Є.Л.

КРИЗОВИЙ РЕІНЖІНІРИНГ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЕФЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

Розглянуто проблеми підприємств водного транспорту, сутність та поняття кризового реінжинірингу бізнес-процесів, обґрунтована необхідність впровадження кризового реінжинірингу бізнес-процесів на підприємствах водного транспорту з урахуванням галузевої специфіки, описані об'єкти та цілі реінжинірингу бізнес-процесів підприємств водного транспорту, запропоновано схему проведення реінжинірингу бізнес-процесів на підприємствах водного транспорту.

Ключові слова: бізнес-процес, реінжиніринг бізнес-процесів, кризовий реінжиніринг бізнес-процесів, персонал, підприємства водного транспорту.

Постановка проблеми. Економічний розвиток України як незалежної держави неможливий без інноваційного розвитку водного, особливо морського, транспорту. Морський транспорт забезпечує транспортну безпеку як зовнішньоекономічних, так і внутрішньоекономічних відносин країни. Аналіз діяльності підприємств водного транспорту свідчить про наявність усіх ознак кризового стану: флот значно застарів; більшість суден вже не відповідають вимогам міжнародних конвенцій; більше 92% вантажів, що обробляються в українських портах, транспортуються іноземними судами; вітчизняні верфі в основному простоюють чи працюють на закордонного замовника. Останні події, що відбуваються в Україні, поглиблюють кризові процеси на підприємствах водного транспорту. Кризовий стан цих підприємств посилюється за рахунок скорочення традиційних ринків сировини та збуту, зниження конкурентоспроможності продукції, відсутності альтернативних джерел фінансування. В таких умовах функціонування пошук якісно нових шляхів реорганізації та управління підприємством набуває особливого значення. Можливість використання іноземного досвіду для виходу підприємств з кризового стану зумовлює необхідність вивчення та аналізу нових методів управління. Одним з таких методів вважається реінжиніринг бізнес-процесів, практичних прикладів застосування якого на Україні майже немає, що надає актуальності розгляду принципів, способів використання реінжинірингу, особливо на підприємствах водного транспорту України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження, які стосуються проблематики впровадження реінжинірингу бізнес-процесів, розглянуті та проаналізовані в багатьох працях зарубіжних вчених: Чейз Річард Б., Еквілайн Ніколас, Дж. Якобс Робер [2], Бйорн А. [3], Будило А.А. [5] та вітчизняних вчених: Командровська В.Є., Морозенко О.Ю. [1], Момот О.І., Самойлов П.І. [4], Семенов В. Ф., Бикова О. Д. [6], Солодка О.В. [7], Гвоздь М.Я. [8], Гончарова О.М. [9].

Але, незважаючи на зростання інтересу сучасних економістів до застосування принципів реінжинірингу бізнес-процесів, використання даної концепції на підприємствах водного транспорту не отримало належної уваги. Недостатність досліджень даної теми на підприємствах водного транспорту зумовлює доцільність більш глибокого вивчення аспектів впливу використання реінжинірингу саме в цій сфері.

Формування цілей статті (постановка завдання). Метою статті є визначення об'єктів реінжинірингу бізнес-процесів на підприємствах водного транспорту, формулювання

основних умов для ефективного впровадження даної концепції та можливостей використання моделі реінжинірингу на підприємствах водного транспорту для виходу з кризового стану.

Виклад основного матеріалу дослідження. Підприємство є загальною системою, всередині якої протікає безліч взаємозв'язаних процесів, які своїм функціонуванням визначають стан усієї організаційної системи в цілому. Але, стани, в яких перебуває система, викликані певними діями в результаті процесу. У свою чергу стани викликають подальші дії, що знаходяться в логічно послідовному ланцюзі процесу. Задіяні в процесі ресурси перетворюються і знаходять іншу форму [1]. Класичні економічні теорії вважають єдиним можливим та ефективним засобом управління функціональну спеціалізацію, яка базується на виконанні окремими працівниками дуже вузького кола обов'язків. Відсутність персональної відповідальності за кінцевий результат, наявність складної системи різних рівнів ієрархії на підприємстві призводить до поступового зниження зацікавленості працівників у якісному виконанні своїх професійних обов'язків. Але багато років існувало укорінене переконання, що ієрархічна система єдина можлива та найефективніша.

Процеси, що протікають усередині підприємства – це послідовні функціональні ланцюги, які взаємопов'язані між собою та від яких безпосередньо залежить загальний стан всієї корпоративної системи [2].

Економічна криза 1929–1933 років змусила розвинуті країни переосмислити засоби організації підприємств на основі новітніх наукових досліджень. Так, з'являється система тотального управління якістю (TQM), в якій вперше описується сутність бізнес-процесу як потоку роботи, що переходить від однієї людини до іншої. Процес завжди має початок, визначену кількість кроків і чітко обумовлений кінець [3]. При описі бізнес-процесів відбувається більш глибоке розуміння сутності явищ на підприємстві, що дає змогу чітко усвідомити весь ланцюг взаємозв'язків та відносин усередині організації та забезпечити більш ефективне її управління.

Процесний підхід в управлінні системами знаходить все більшу популярність. Його головною перевагою є пряма орієнтація на замовника продукції або послуг, що генеруються компанією.

Реінжиніринг бізнес-процесів – це якісно новий підхід до реформування організаційної структури, це створення цілком нових і ефективніших бізнес-процесів без урахування існуючих. Для українських підприємств реінжиніринг має особливу привабливість тому, що залишки командно-адміністративних методів управління в галузях економіки України не дають можливості ефективно подолати кризу, виробляти конкурентоспроможну якісну продукцію, виводити товари на міжнародні ринки збуту, залучати інвестиції.

Антикризове управління не може мати іншої основи, ніж пошук і активне використання нових форм, методів, прийомів, сфер бізнесу, оскільки колишні підходи себе вже не виправдують. Найбільш повно всім вимогам відповідає кризовий реінжиніринг бізнес-процесів (далі – РБП), потенціал якого служить основним чинником успішного та стабільного розвитку. Одна з найбільш істотних переваг реінжинірингу – здатність сприяння швидким змінам, що надає можливість підприємству не тільки зберегти місце на ринку, але й досягти міцного фінансового стану у відносно короткі строки [4].

Кризовий реінжиніринг, спрямований на виведення організації з кризи, базується на таких принципах:

1. У кожен окремий бізнес-процес має бути залучене якомога менше людей. Для цього необхідно поєднувати завдання таким чином, щоб кожен окремий співробітник виконував якомога більшу кількість окремих завдань і, бажано, цілісні завдання.

2. Клієнт процесу повинен виконувати цей процес. Це означає, що там, де це можливо, клієнт залучений у виконання процесу набагато більше, ніж це традиційно передбачалося.

3. Необхідно звертатися до постачальників так, ніби вони є частиною організації. Ця вимога означає, що іноді від постачальників потрібно виконувати ті дії, які раніше здійснювалися в організації. Так, наприклад, процес, що складається з трьох субпроцесів,

можна трансформувати в процес, що підрозділяється лише на один субпроцес, у той час як інші два будуть виконуватися постачальниками.

4. Створення безлічі версій складних процесів. Передбачається, що контроль, кількість задіяних людей (особливо фахівців) можуть змінюватись у межах виконання тих самих процесів залежно від тривалості, обсягу необхідних ресурсів тощо

5. Зменшення кількості входи в процеси. Це один із способів зменшення чисельності задіяного персоналу. Щоб удосконалити процеси, просто прибирають ті входи, які необхідно співставляти з іншими входами. На практиці цей принцип проявляється у створенні єдиної системи контролю, обліку, планування і т.д.

6. Централізація обміну інформацією при збереженні децентралізованих підрозділів. Коли в процесах є кілька точок дотику з клієнтами, доцільно централізувати служби, відповідальні за окремі ділянки роботи з клієнтами, наприклад, видачу довідок про просування виконання замовлень або диспетчерську службу. Нові можливості для цього надають комп'ютерні технології.

Підприємства водного транспорту мають ряд особливостей, які в своїй сукупності можуть негативно впливати на ефективність внутрішніх бізнес-процесів, якщо не вживати спеціальних заходів. Більшість таких підприємств є сервісними організаціями, і на відміну від виробників промислової продукції, не можуть використовувати загальноприйняті методи управління господарською діяльністю. Діяльність вітчизняних підприємств водного транспорту здійснюється на ринку транспортних послуг, де компанії повинні вести конкурентну боротьбу. Однак, методи управління, що застосовуються, та інформаційна база, яка використовується, недостатньо адаптовані до ринкових умов. Водний транспорт, з одного боку, має високу капіталомісткість і тривалий період окупності капітальних вкладень, з іншого боку, схильний до впливу суперечливих тенденцій: транспорт як форма інфраструктурних підприємств знаходиться в залежному становищі від галузей виробництва матеріально-речових благ, істотно впливає на регіональний розподіл виробничих потужностей, бере участь у процесі відтворення і виступає важливою складовою частиною системи економічних відносин [5].

Проблеми галузі водного транспорту, які потребують негайного вирішення:

- ✓ в Україні немає портів третього покоління;
- ✓ невикористання або недостатнє використання в роботі сучасних досягнень логістики;
- ✓ порти є державними підприємствами, тому до них до сих пір застосовується практика «навішування» соціальних об'єктів (дитсадок, лікарні), що звичайно збільшує видатки підприємств та зменшує їх рентабельність;
- ✓ скорочення обсягів контейнерних перевезень. Це пояснюється найбільшою складовою фіскальних зборів у цій групі вантажів, що призводить до втрати контейнерних потоків, тоді як середньорічні темпи приросту світових контейнерних перевезень становлять 5-11% [6].

Методики реінжинірингу носять загальний характер та потребують адаптування при проведенні реінжинірингу конкретного підприємства. На сьогодні в Україні існують розробки впровадження РБП на підприємствах харчової, промислової галузі, у сфері телекомунікаційних послуг, у сфері готельних послуг, на підприємствах по видобутку газу на шельфі Азовського моря, на туристичних, торгівельних підприємствах.

Підприємства водного транспорту повинні організувати систему управління, яка б дозволила управляти господарською діяльністю, зважаючи на галузеву специфіку бізнес-процесів та необхідність ефективного використання виробничо-технологічного потенціалу галузі. При проведенні реінжинірингу на підприємствах водного транспорту необхідно враховувати той фактор, що моделювання бізнес-процесів на водному транспорті має складний, багатофакторний характер. Схема проведення РБП на підприємствах водного транспорту представлена автором на наступному рисунку.

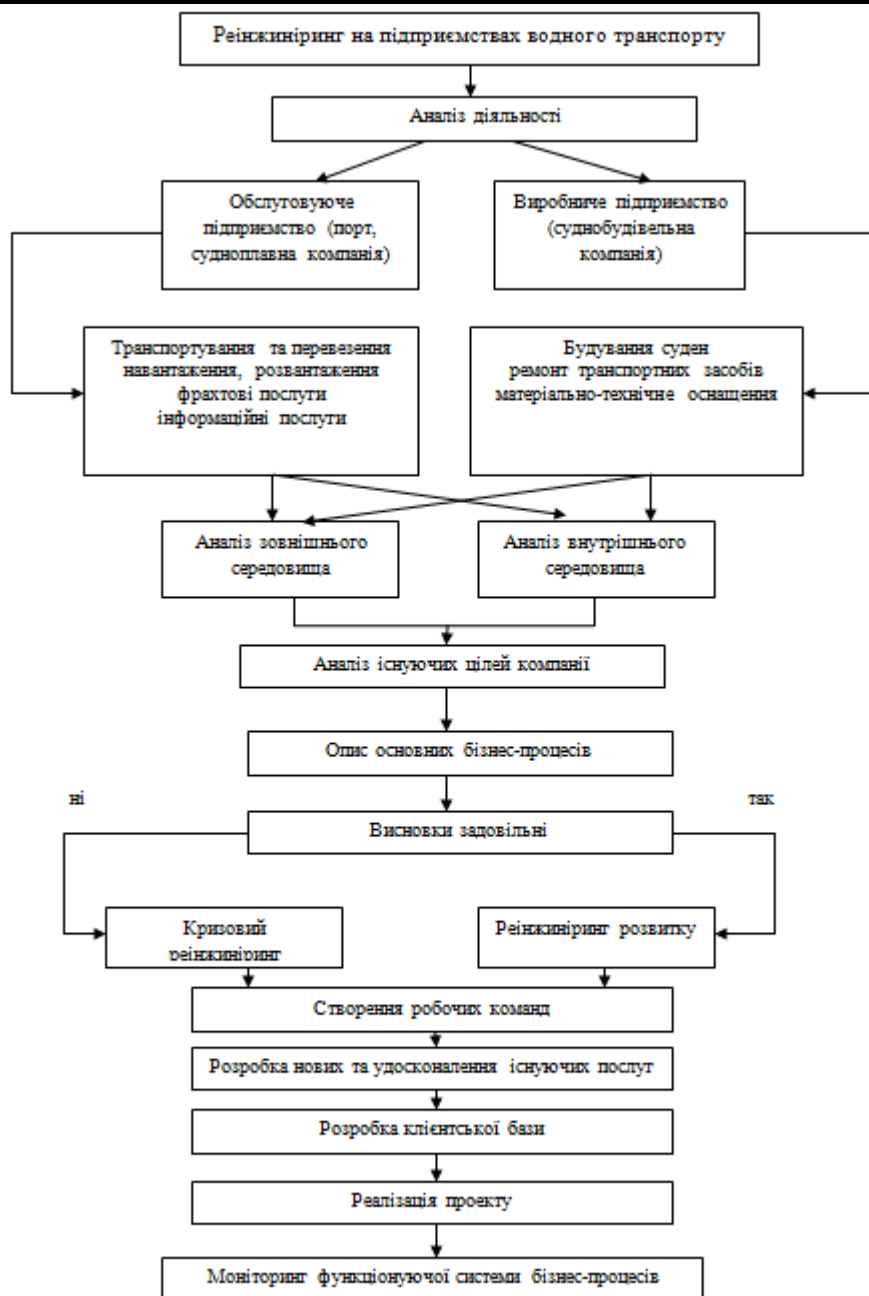


Рисунок 1. Схема впровадження РБП на підприємствах водного транспорту

Підприємства водного транспорту вимагають масштабних змін, які б забезпечили поліпшення результатів роботи компаній, покращення рівня задоволення замовників, підвищення довіри інвесторів.

Кризовий реінжиніринг спрямований на вирішення кризових явищ господарюючого суб'єкта. Він застосовується в тих випадках, коли результативність фінансово-комерційної та виробничо-торговельної діяльності господарюючого суб'єкта постійно знижується, конкурентоздатність різко падає, намітилася тенденція банкрутства й потрібен комплекс заходів для ліквідації цієї кризи.

Сьогодні споживачі диктують виробникам, що вони хочуть отримати, коли, як і скільки готові заплатити. Причому кожен з клієнтів сьогодні диктує одне, а завтра диктуватиме вже інше. Підприємство, яке хоче вижити, зобов'язане постійно експериментувати: шукати і застосовувати новий вигляд товарів і послуг, нові методи їх просування, нові, менш витратні,

технології виробництва, новий вигляд організації тощо. І сьогодні виживають тільки провідні підприємства [7].

Під час проведення РБП підприємство цікавить не статичний, а динамічний результат. У ході реінжинірингу відбувається не тільки «горизонтальне», але й «вертикальне» стиснення процесів (там, де раніше виконавець для прийняття рішення звертався до керівництва, тепер приймає рішення самостійно).

У кожній компанії є велика кількість неписаних правил: «Рішення про видачу кредиту приймає кредитний відділ», «Для якісного обслуговування клієнтів необхідний локальний склад», «Форми слід заповнювати повністю і по порядку» тощо. Мета реінжинірингу – порвати зі старими правилами організації та ведення бізнесу. Реінжиніринг включає виявлення цих правил і відмову від деяких з них на користь нових способів виконання роботи. Із знову розроблених процесів виникнуть і нові правила, відповідні до духу часу. Тільки так можна досягти значного підвищення продуктивності [7].

Працюючи в умовах ринкової економіки і конкуренції, підприємства водного транспорту повинні прагнути до забезпечення високого ступеня задоволеності клієнтів та високої ефективності внутрішніх бізнес-процесів і рентабельності. Крім цього, в процесі розвитку підприємства виникають економічні, технічні і технологічні проблеми, які потребують постійного вдосконалення її організаційної структури та пошуку нових прогресивних форм управління.

Об'єктом реінжинірингу на підприємствах водного транспорту виступають:

1. Управління – повинні враховуватись не підрозділи (відділ збуту, бухгалтерія), а робота, яка виконується в цих підрозділах. При переході підрозділів від функціональної до горизонтальної структури відбувається зміна оцінки ефективності роботи – від оцінки діяльності до оцінки результатів. Це стимулює самостійне прийняття рішень, роботу для клієнта, а не для керівника. У процесі реалізації програми реінжинірингу управління підприємства освоюють нові інформаційні технології, які надають можливість оперативно реагувати на зміни попиту, швидко приймати рішення, коригувати існуючі плани розвитку.

2. Персонал – процесний підхід повинен застосовуватись і до ресурсу підприємства, яким є персонал. При реінжинірингу персонал повинен комплексно враховувати фактори, пов'язані з бізнес-процесом, бюджетом, організаційною структурою, системою робочих місць підприємства.

3. Графіки і режими роботи – оскільки щораз з'являються нові технологічні інновації, то для багатьох організацій зміни режимів роботи набувають особливого значення. Наприклад, зміни виробничих завдань чи процесів необхідні в разі впровадження нового обладнання чи випуску нової продукції.

Реінжиніринг допомагає істотно підвищити якість роботи основних сфер життєдіяльності компанії, зокрема таких, як: постачання, науково-дослідницька робота, кадрова політика, планування виробництва, процес виробництва, управлінська звітність, маркетинг, обслуговування клієнтів тощо. Реінжиніринг є процесом, в якому повинні брати участь усі підрозділи підприємства з урахуванням їх специфіки [8].

Цілями антикризового реінжинірингу бізнес-процесів на підприємствах водного транспорту є:

а) скорочення тривалості виробничого циклу, докорінне зменшення кількості процесів та їх вартості, різке зниження витрат часу на виконання функцій;

б) значне покращення процесу управління якістю;

в) підвищення ролі рішень та ініціативи кожного окремого працівника, організація групової роботи;

г) суттєве зниження кількості працівників;

д) забезпечення прискореного впровадження нових технологій;

е) забезпечення адаптації підприємства до функціонування в умовах інформаційного суспільства і «суспільства знань».

Аналіз перспектив розвитку підприємств водного транспорту свідчить про достатній потенціал та наявність сприятливих умов для успішного розвитку даної галузі, але глибока економічна криза призводить до постійного збільшення збиткових підприємств. Україна, маючи вихід до Чорного та Азовського морів, є морською державою, проте відсутність джерел фінансування призвела до того, що суднобудівельні, судноремонтні заводи, порти, науково-дослідницькі центри знаходяться в стані, що вимагає обов'язкової реорганізації. Тобто, замість того, щоб інвестувати кошти в існуючу збиткову структуру, доцільніше використати позитивний досвід застосування РБП [9].

Реінжиніринг та його найскоріше ефективне проведення вимагають створення окремого бюджету (мінімально необхідного), без якого початок і проведення всього комплексу робіт неможливе. Як демонструє практика, для реалізації наміченої програми необхідно точно визначити та розподілити ролі, обов'язки та відповідальність кожного учасника для забезпечення реалізації цілей програми. В ході реалізації робіт з реінжинірингу слід чітко виділяти досягнуті в ході робіт результати.

Головною вимогою для успішного проведення РБП є розуміння того, що перебудова всієї системи управління підприємством, зміна стереотипів корпоративної культури потребує розроблення ретельного плану. При цьому результат від локальних змін у роботі окремих підрозділів може спостерігатись через досить короткий проміжок часу (від 3 до 6 місяців), але повномасштабні дії можуть розтягнутись на роки. Позитивний результат від проведення реінжинірингу на підприємствах водного транспорту можливий лише за умови врахування галузевої специфіки, оскільки недостатня увага до значних галузевих відмінностей може призвести до протилежного ефекту, навіть до банкрутства.

Висновки та перспективи подальшого розвитку досліджень. Отже, на основі узагальнення теоретичних досліджень запропоновано схему впровадження реінжинірингу на підприємствах водного транспорту, яка передбачає таке: визначення типу підприємства, аналіз стану підприємства, опис існуючих бізнес-процесів, вибір різновиду реінжинірингу.

Описані цілі та об'єкти можливого антикризового реінжинірингу на підприємствах водного транспорту. Вищезазначені надбання можуть бути покладені в основу подальших наукових досліджень, зокрема з питань розробки ефективного механізму впровадження антикризового реінжинірингу на підприємствах водного транспорту на базі аналізу основних показників фінансово-господарської діяльності підприємства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Командровська В. Є. Бізнес-процеси підприємства: сутність та методи удосконалення// В.Є. Командровська, О.Ю.Морозенко // Київ: вид-во «НАУ: Проблеми підвищення ефективності інфраструктури». – 2011. – Випуск 30 [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: http://www.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/ppei/2011_30/Moroz.pdf
2. Чейз Ричард Б. Производственный и операционный менеджмент / Чейз Ричард Б., Эквילайн Николас, Дж. Якобс Робер. – 8-е издание.: Пер. с англ.: М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 704 с.
3. Бьёрн А. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования / А.Бьёрн. – Пер. с англ. С. В. Ариничева. – Науч. ред. Ю.П. Адлер. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2003. – 272 с.
4. Момот О. І. Реінжиніринг-один з шляхів по виходу українських підприємств із світової кризи / О. І. Момот, П. І. Самойлов // Сучасні технології в машинобудуванні: Зб. наук. праць. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – Вип. 3. – С. 127.
5. Будыло А. А. Реструктуризация в антикризисном управлении предприятиями водного транспорта: автореф. дис. канд. эк. наук: 08.00.05/ А.А. Будыло; СПб: СПбГУВК, 2008. – 23 с.
6. Семенов В. Ф. Сучасні умови та проблеми розвитку водного транспорту / В. Ф. Семенов, О. Д. Бикова // Економіка та менеджмент : збірник наукових праць. Сер. Економічні науки. – Луцьк: ЛНТУ, 2010. – Вип. 7 (26). – Ч. 3. – С. 133–146.

7. Солодка О. В. Реінжиніринг логістичних бізнес-процесів як спосіб їх вдосконалення / О. В. Солодка // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2010 . – №669. – С. 317– 322.
8. Гвоздь М. Я. Реінжиніринг бізнес-процесів як чинник прискореного розвитку економіки / М. Я. Гвоздь // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – Вид-во Львівської політехніки, 2013. №754.– С. 135–138.
9. Гончарова О. М. Реінжиніринг бізнес-процесів як спосіб підвищення ефективності управління. / О. М. Гончарова // Ефективна економіка. – № 2 – 2012. [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=943>.

Осипова Е.Л.

КРИЗИСНЫЙ РЕИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Рассмотрены проблемы предприятий водного транспорта, сущность и понятие кризисного реинжиниринга бизнес-процессов, обоснована необходимость внедрения кризисного реинжиниринга на предприятиях водного транспорта с учетом отраслевой специфики, описаны объекты и цели реинжиниринга бизнес-процессов предприятий водного транспорта, предложена схема проведения реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях водного транспорта.

Ключевые слова: *бизнес-процесс, реинжиниринг бизнес-процессов, кризисный реинжиниринг бизнес-процессов, персонал, предприятия водного транспорта.*

Osipova E.

CRISIS BUSINESS PROCESS REENGINEERING AS INSTRUMENT EFFECTIVE MANAGEMENT IN THE ENTERPRISE OF WATER TRANSPORT

The problems of water transport enterprises, essence and concept crisis business process reengineering are considered. The necessity of implementing crisis business process reengineering on water transport enterprises considering branch specificity is justified. The objects and purposes of business process reengineering of water transport enterprises are described. The chart of the business process reengineering of water transport enterprises is suggested.

Keywords: *business process, business process reengineering, crisis business process reengineering, water transport enterprises.*

Переверзєва І.Ф.

СУЧАСНИЙ АНТИКРИЗОВИЙ МЕНЕДЖМЕНТ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ

Обґрунтовано важливу роль кризи в циклічному розвитку підприємства, розглянуті основні причини виникнення кризи на підприємстві, проаналізовано економічне становище та коефіцієнтний аналіз підприємств водного транспорту України за 2014-2015 роки, досліджено причини збитковості, заходи по виходу з кризового стану та застосування поворотної фінансової допомоги як негайного управлінського рішення антикризового менеджменту.

Тому метою статті є проведення аналізу економічних показників роботи підприємств водного транспорту України та виявлення причин збільшення кількості збиткових підприємств попри проведення державних заходів, спрямованих на виведення підприємств з кризового стану.

Ключові слова: *аналіз, антикризовий менеджмент, кризовий стан, водний транспорт, збитковість.*

Постановка проблеми. Соціально-політична та економічна криза, військова агресія проти України гостро поставили проблему збереження України як суверенної держави, у зв'язку з чим невідкладним завданням є швидке реформування всіх сфер життя країни, і передусім – оздоровлення національної економіки. Однією з базових галузей економіки є транспорт, який відіграє ключову роль при взаємодії всіх галузей економіки. На сьогодні великою проблемою транспортної галузі є неефективна робота транспортних підприємств, зокрема збільшення кількості збиткових підприємств водного транспорту в 2014-2015 роках. Розбудова транспортної галузі без поліпшення роботи державних підприємств водного транспорту неможлива [2]. Тому актуальним на цей час є розробка та впровадження сучасного інструментарію антикризового менеджменту на підприємствах водного транспорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематику розробки та застосування механізмів антикризового менеджменту транспортної галузі висвітлювали у своїх дослідженнях наступні автори: М.В. Ковбатюк та В.В. Шкляр [6] розробили алгоритм формування раціональної антикризової програми за допомогою інтегрального показника, В.В. Шкляр [9] розділила розроблений механізм антикризового менеджменту для підприємств водного транспорту на шість взаємодіючих та впливаючих один на одного блоків для визначення стану підприємства, Я.Р. Корнійко [7] запропонувала використання державно-приватного партнерства з метою залучення приватних інвестицій до транспортної галузі, Н.О. Валявська [1] включила концепцію екоперевезень до складу елементів організаційно-економічного механізму розвитку підприємств водного транспорту, С.В. Ільченко [5] аналізувала організаційно-економічні основи інституціонального реформування підприємств водного транспорту, А.Г. Дем'янченко [2] запропонувала включення в розрахункову модель визначення інвестиційної привабливості підприємств водного транспорту перелік основних фінансово-економічних показників діяльності підприємства (вантажообіг, рентабельність послуг, фондівіддача, диверсифікованість) тощо.

Невирішена раніше частина загальної проблеми. В сучасних умовах діяльності підприємств водного транспорту, спричинених фінансовою кризою, проблеми антикризового

менеджменту набувають специфічних форм прояву. В зв'язку з цим доцільним є подальше дослідження стратегічних і тактичних аспектів антикризового менеджменту, розробка механізму попередження та вчасного реагування на сигнали про насування кризи на основі детального аналізу діяльності, впровадження відповідного сучасного інструментарію на підприємствах водного транспорту України.

Метою статті є проведення аналізу економічних показників роботи підприємств водного транспорту України та виявлення причин збільшення кількості збиткових підприємств попри проведення державних заходів, спрямованих на виведення підприємств з кризового стану.

Виклад основного матеріалу дослідження. На сьогодні в нашій країні розуміння поняття «криза» стало необхідністю для вжиття заходів щодо стабілізації економіки як країни в цілому, так і окремого підприємства, оскільки криза – це крайнє загострення протиріч у соціально-економічній системі (організації), що загрожує її життєстійкості у навколишньому середовищі. Виходячи з точного перекладу слова «crisis», що означає – «перелом», антикризовий менеджмент – це є саме управління найбільш ризиковими, кризовими («переломними») ситуаціями. Крім того, в циклічній тенденції розвитку криза посідає важливу роль. Вона:

- ✓ періодично з'являється;
- ✓ змінює життєдіяльність системи, тобто порушує її стійкість, радикально оновлюючи її;
- ✓ очисна сила кризи потрібна системі для розвитку;
- ✓ розглядається як переломний момент у розвитку системи;
- ✓ не обов'язково є руйнівною.

Причини криз, що виникають на підприємстві, можуть бути різними, але виділяють шість основних, а саме:

- ✓ об'єктивні, пов'язані з циклічними потребами модернізації і реструктуризації підприємства, а також із несприятливими впливами зовнішнього середовища організації;
- ✓ суб'єктивні, що відображають помилки і волюнтаризм в управлінні;
- ✓ зовнішні, пов'язані з тенденціями і стратегією макроекономічного розвитку чи навіть розвитку світової економіки, конкуренцією, політичною ситуацією в країні;
- ✓ внутрішні, пов'язані з ризикованою стратегією маркетингу, внутрішніми конфліктами, недоліками в організації виробництва, недосконалістю управління, інноваційною й інвестиційною політикою;
- ✓ природні, пов'язані з явищами клімату, землетрус тощо;
- ✓ техногенні, пов'язані безпосередньо із діяльністю людини.

При проведенні дослідження було виявлено, що на сьогоднішній день на кризовий стан підприємств водного транспорту більшою мірою впливають об'єктивні та зовнішні причини. Кризовий стан проявляється в неефективному використанні потужностей підприємств, в результаті чого втрачається платоспроможність та з'являється від'ємний фінансовий результат (збитковість) підприємства та погіршення показника фінансової стійкості. Це, в свою чергу, призводить до банкрутства, адже саме на ньому базується аналіз ймовірності виникнення кризового стану. Взагалі, в розпізнаванні криз беруть участь усі показники оцінювання стану соціально-економічної системи, але особлива увага приділяється таким показникам, як: доходи, витрати, чистий прибуток, відрахування на користь держави та капітальні інвестиції.

На кінець 2015 року до сфери управління Міністерства інфраструктури України належало 28 державних підприємств водного транспорту, де сукупний дохід за 2015 рік склав 18 344 393 тис. грн., що на 78% більше порівняно з 2014 роком. Проте, і витрати збільшилися на 52%. Чистий прибуток підприємств водного транспорту на кінець 2015 року склав 6 690 071 тис. грн., що на 153% більше в порівнянні з попереднім роком [8]. Аналіз основних економічних показників підприємств водного транспорту за 2014-2015 роки наведено на рис.1.

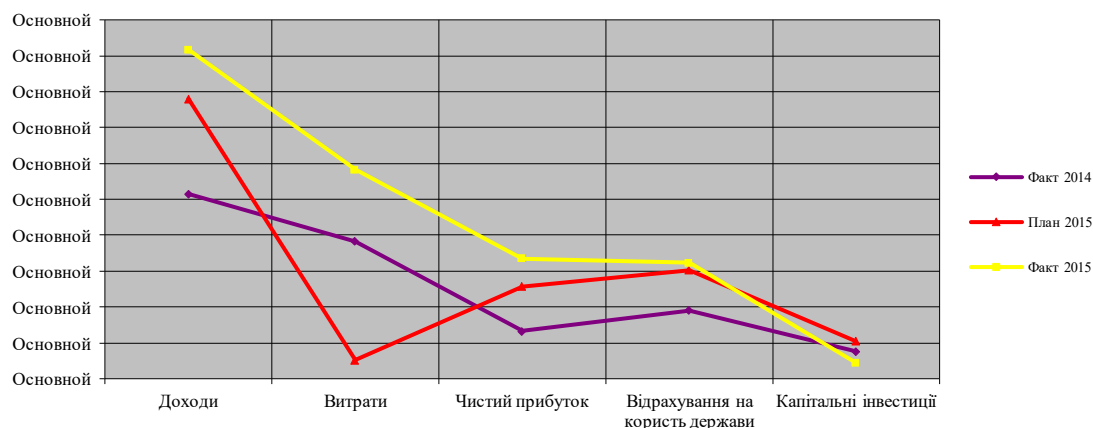


Рисунок 1 – Аналіз основних економічних показників підприємств водного транспорту за 2014-2015 роки, тис. грн.

Відрахування на користь держави збільшилися на 69% порівняно з 2014 роком, однак зменшилися капітальні інвестиції на 42%, що є однією з головних причин збільшення кризових підприємств у галузі водного транспорту.

Коефіцієнтний аналіз підприємств-монополістів (Южний МТП, Одеський МТП, Іллічівський МТП, Бердянський МТП, Маріупольський МТП, ДУ «Держгідрографія» та ДП «Адміністрація морських портів України») за 2014-2015 роки наведено на рис. 2.

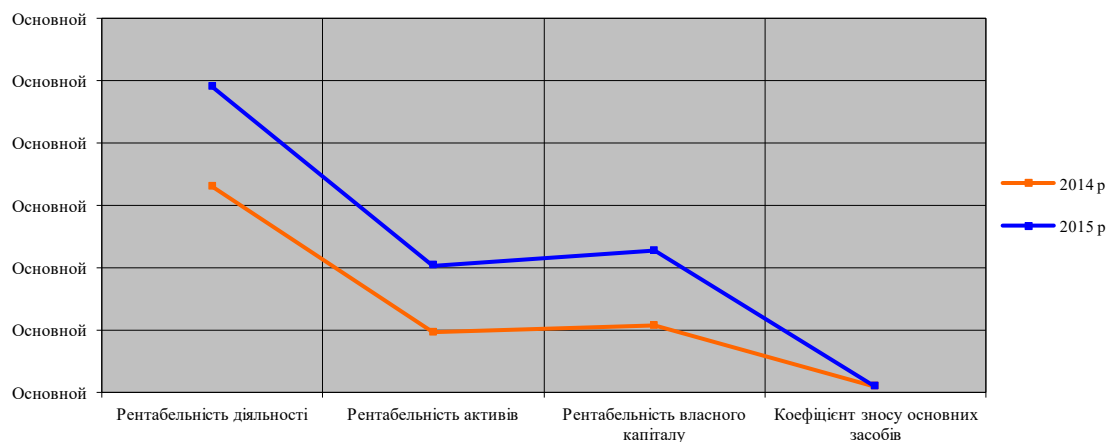


Рисунок 1 – Коефіцієнтний аналіз підприємств-монополістів за 2014-2015 роки, %

Як бачимо, незмінне і найменше значення у коефіцієнта зносу основних засобів - 0,9 %, що показує відсутність оновлення основних фондів підприємств водного транспорту.

Коефіцієнтний аналіз державних підприємств водного транспорту наведено на рис. 3.

З рис. 3 видно найменше значення показника коефіцієнта зносу основних засобів – 0,9 %. Державні підприємства водного транспорту є менш прибутковими, ніж монополісти, і тому загострення кризи в них є більш ймовірним.

У 2015 році збитково працювало 7 підприємств водного транспорту (рис. 4).

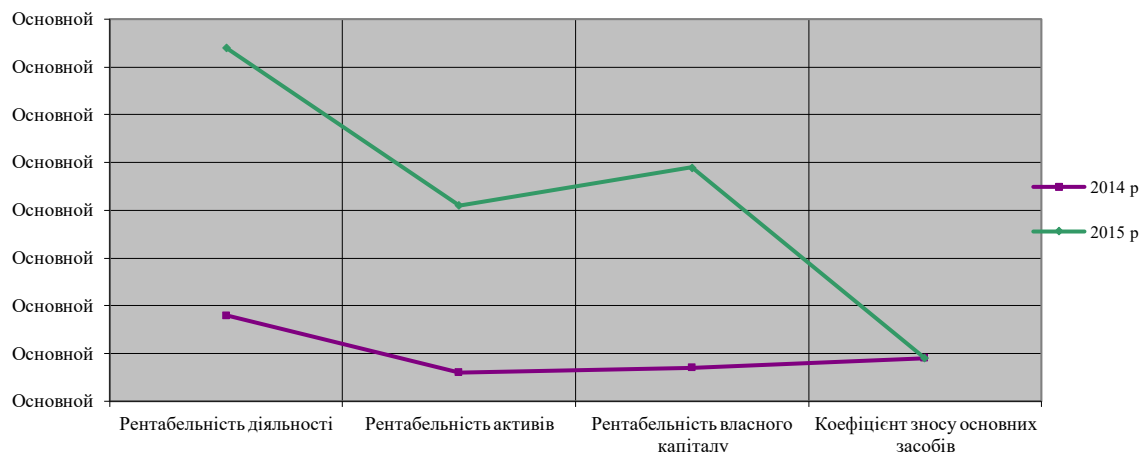


Рисунок 3 – Коефіцієнтний аналіз державних підприємств водного транспорту за 2014-2015 роки, %

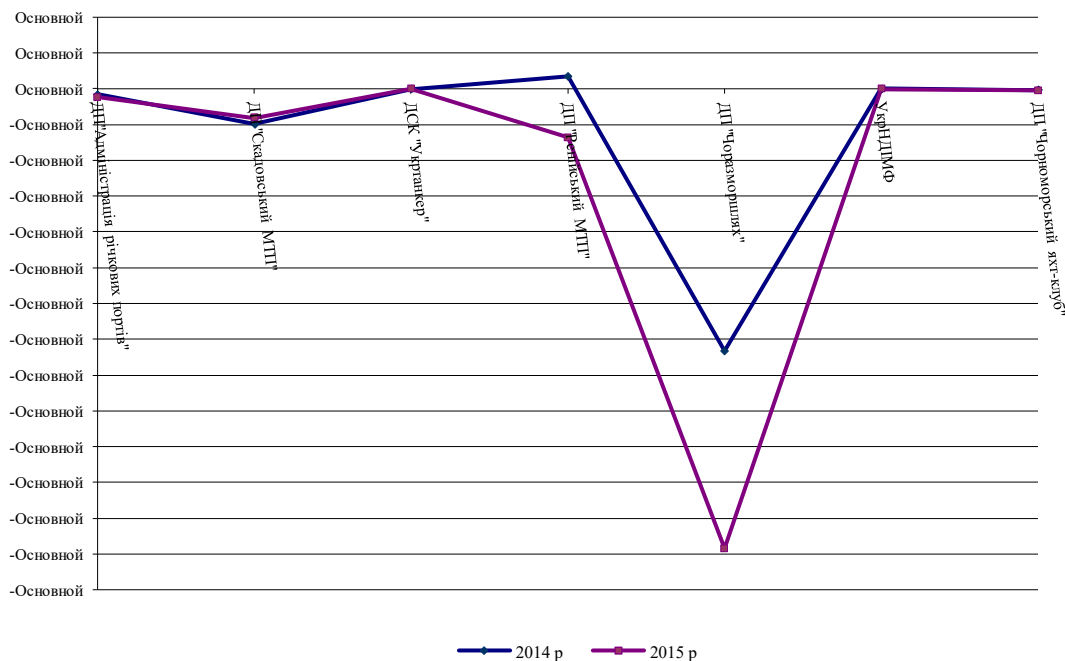


Рисунок 4 – Чистий фінансовий результат підприємств водного транспорту за 2014-2015 роки, тис. грн.

Проаналізувавши показник збитковості вищевказаних підприємств морської галузі бачимо, що загальний збиток підприємств за 2015 рік зріс на 88% і складає 76 598 тис. грн. Державне підприємство «Науково-дослідний проектно-конструкторський інститут морського флоту України з дослідним виробництвом» (УкрНДІМФ) та Ренійський МТП отримали збиток, змінивши свій статус з прибуткового на збитковий, інші шість підприємств продовжують залишатися збитковими з 2014 року. Стрімко зріс показник збитковості в ДП «Чорноморшлях», де на теперішній час введено процедуру санації.

Проаналізувавши ситуацію зі збитковістю вищевказаних підприємств та дослідивши механізми, які можуть в короткостроковий період вивести підприємства на додатне значення чистого фінансового результату, запропоновано наступні заходи:

- ✓ проведення переговорів з потенційними інвесторами з питання концесії підприємства або іншого співробітництва;
- ✓ відновлення або планування співпраці з компаніями з відвантаження вантажів;
- ✓ пошук орендарів;
- ✓ запровадження в дію процедури знижок на перевезення вантажів;
- ✓ реорганізація структури підприємства з метою оптимізації чисельності працівників;
- ✓ скорочення часу робочого тижня;
- ✓ оптимізація витрат підприємства.

У таблиці 1 наведено причини збитковості підприємств водного транспорту в 2015 році [4].

Таблиця 1

Причини збитковості підприємств водного транспорту у 2015 році

№ п.п.	Назва підприємства	Причини збитковості
1	ДП «Адміністрація річкових портів»	1. Не здійснено надання теплоходів у бербоут-чартер. 2. Перевиконано план собівартості на 221,8 тис. грн. у зв'язку з проведенням ремонтів суден, отриманням документів Регістру судноплавства України та збільшенням заробітної плати працюючих
2	ДП «Скадовський МТП»	Падіння вартості металобрухту на міжнародних ринках і, як наслідок, невиконання плану вантажопереробки
3	ДСК «Укртанкер»	Відсутність продажу основних засобів
4	ДП «Ренійський МТП»	Недозавезення на підприємство всіх видів вантажів та, як наслідок, невиконання плану з вантажоперевалки
5	ДП «Чоразморшлях»	Курсова різниця при перерахунку заборгованості в іноземній валюті внаслідок зміни курсу долару
6	ДП «УкрНДІМФ»	Неукладення ряду договорів з потенційними замовниками послуг; збільшення витрат на енергоносії
7	ДП «Чорноморський яхт-клуб»	Значне зростання витрат на сплату податку на землю; зменшення заходів яхт під іноземним прапором у зв'язку із законодавчим обмеженням терміну перебування їх на території України

Нині в практиці дієвою складовою санаційного прибутку є поворотна фінансова допомога підприємству, яке перебуває в кризовому стані. Її суть полягає в зовнішніх фінансових відносинах суб'єкта господарювання із державою з приводу:

- ✓ виплати податків, зборів й інших обов'язкових платежів у бюджет і в позабюджетні фонди всіх рівнів;
- ✓ фінансових вкладень підприємств у державні цінні папери;
- ✓ використання інвестиційного податкового кредиту;
- ✓ бюджетного фінансування на поворотній і безповоротній основі.

Така фінансова допомога здебільшого може здійснюватися: власниками корпоративних прав для покриття збитків та здійснення санації; кредиторами підприємства в разі списання заборгованості; іншими зацікавленими в оздоровленні підприємства-боржника особами. За логікою вітчизняного податкового законодавства поворотна фінансова допомога входить до складу валових доходів підприємства, що отримало цю допомогу, і підлягає на загальних підставах оподаткуванню.

Процедура отримання поворотної фінансової допомоги полягає в укладанні договору між підприємством-боржником та підприємствами про надання поворотної безвідсоткової фінансової допомоги та графіка повернення, в якому зазначено сума та план повернення коштів. При цьому перед отриманням поворотної фінансової безвідсоткової допомоги підприємство-боржник повинно підготувати прогноз очікуваних виробничих та фінансово-економічних показників роботи. Дані управлінські рішення дають можливість спрогнозувати

покращення фінансових результатів в наступному фінансовому році та виходу підприємства з кризової ситуації.

Висновки та перспективи подальших досліджень Сучасний антикризовий менеджмент на підприємстві в кризовому стані має відбуватися постійно, незалежно від наявності кризових явищ, кризових ситуацій. Головним етапом впровадження антикризового менеджменту передусім має бути аналіз стану та економічних наслідків його діяльності (платоспроможність, ліквідність, рентабельність), для того щоб розробити заходи, які зменшать вплив ризикових ситуацій на діяльність підприємства. Наступним кроком обов'язково має бути аналіз наявності заборгованостей за основними показниками, який дає змогу провести відповідне управлінське рішення (концесія, оренда, фінансова допомога). Проведення внутрішньо-організаційного аналізу підприємства та SWOT аналізу має місце при виборі функціональних (локальних) антикризових стратегій. Завершенням антикризового менеджменту на підприємстві транспортної галузі має бути розробка заходів антикризової стратегії та контроль за ходом її виконання. Лише при правильно розробленому та впровадженому інструментарії антикризового менеджменту вихід з кризового стану підприємства стане можливим.

Подальші дослідження в сфері розробки антикризового менеджменту на підприємствах водного транспорту мають бути направлені на дослідження зовнішніх причин виникнення кризи та побудову антикризових механізмів та інструментів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Валявська Н. О. Організаційно-економічний механізм розвитку річкових портів України / Н. О. Валявська // Інвестиції: практика та досвід. – 2016. – № 4. – С. 58-61, 467.
2. Гошовский И. Когда портам ждатель концессии – интервью замминистра инфраструктуры [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ports.com.ua/articles/kogda-portam-zhdad-kontsessii-intervyu-zamministra-infrastruktury>
3. Дем'янченко А. Г. Планування реалізації проектів державно-приватного партнерства в морських портах / А. Г. Дем'янченко // Вчені записки університету «КРОК» Серія : Економіка. – 2013. – Вип. 34. – С. 29-36. Режим доступу http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzuk_2013_34_6
4. Державне підприємство «Адміністрація морських портів України» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://uspa.gov.ua/ua/>
5. Ільченко С. В. Організаційно-економічні основи інституціонального реформування морських портів [Текст] : автореф. дис. ... канд. екон. наук. 08.00.04 / С. В. Ільченко; НАН України, Ін-т проблем ринку та екон.-еколог. дослідж. – 2007. – 20 с.
6. Ковбатьок М. В. Оцінювання ефективності заходів антикризового менеджменту підприємств транспортної галузі / М. В. Ковбатьок, В. В. Шкляр // Актуальні проблеми економіки. – 2015. – № 5. – С. 201-210. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/apre_2015_5_26
7. Корнійко Я. Р. Антикризове управління на підприємствах водного транспорту / Я. Р. Корнійко, Н. О. Валявська // Економіка та держава. – 2015. – № 3. – С. 96-97, 133.
8. Міністерство інфраструктури України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://mtu.gov.ua/timeline/Zviti.html>
9. Шкляр В. В. Концептуальна схема механізму антикризового менеджменту на підприємствах водного транспорту / В. В. Шкляр. // Ефективна економіка. – 2013. – № 9. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2013_9_59

Переверзева И.Ф.

СОВРЕМЕННЫЙ АНТИКРИЗИСНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА УКРАИНЫ

Обосновано важную роль кризиса в циклическом развитии предприятия, рассмотрены основные причины возникновения кризиса на предприятии, проанализировано экономическое

положение и коэффициентный анализ предприятий водного транспорта Украины за 2014-2015 года, исследованы причины убыточности, меры по выходу из кризисного состояния и применения возвратной финансовой помощи как немедленного управленческого решения антикризисного менеджмента.

Поэтому целью статьи является проведение анализа экономических показателей работы предприятий водного транспорта Украины и выявления причин увеличения количества убыточных предприятий несмотря на проведение государственных мероприятий, направленных на вывод предприятий из кризисного состояния.

Ключевые слова: анализ, антикризисный менеджмент, кризисное состояние, водный транспорт, убыточность.

Pereverzeva I.

THE MODERN CRISIS MANAGEMENT AT THE WATER TRANSPORT ENTERPRISES IN UKRAINE

The role of the crisis in the cyclical development of the enterprise has been substantiated, the basic preconditions of the crisis at the company have been examined, the economic situation and ratio analysis of the water transport enterprises in Ukraine for the period 2014-2015 have been analyzed, the causes of losing profitability and relevant solutions as well as the use of repayable financial aid as an immediate crisis management tool have been investigated.

Therefore, the purpose of the article is to conduct an analysis of the economic performance of Ukrainian water transport enterprises and to identify the reasons for the increase in the number of unprofitable enterprises in the course of state measures aimed at eliminating enterprises from the crisis situation.

Keywords: analysis, crisis management, critical condition, water transport enterprise, unprofitability.

Исмаилова С.М., Джалилов Т. А.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ УРОВНЯ ИСПОЛНЕНИЯ ПРАВИЛ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Среди основных свойств надежности объектов электроэнергетических систем, включающих безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость и долговечность, количественная оценка показателей которых апробирована практикой и во многом регламентирована, большую значимость приобретают вопросы безопасности жизнедеятельности персонала электроэнергетических систем. Рекомендуемый метод позволяет получить интегральные количественные оценки безопасности жизнедеятельности оперативного персонала, выполняющего испытания, восстановление износа и управление объектами электроэнергетических систем в процессе эксплуатации. Результаты количественной оценки интегрального показателя безопасности жизнедеятельности позволяют сопоставить безопасность жизнедеятельности на различных предприятиях электроэнергетических систем, выявить «слабые звенья», являющиеся основной причиной несоответствия реальной безопасности жизнедеятельности предъявляемым требованиям, управлять безопасностью жизнедеятельности путем ликвидации «слабых звеньев».

Ключевые слова. *Безопасность жизнедеятельности, Правила, автоматизированная система, интегральный показатель безопасности жизнедеятельности.*

Введение. Количественная оценка безопасности жизнедеятельности (БЖ) при техническом обслуживании и ремонте объектов (оборудование, устройства, установки, линии электропередачи) электроэнергетических систем (ЭЭС) является одним из основных направлений снижения риска травматизма и гибели обслуживающего объекты ЭЭС персонала.

В [1] был предложен метод и алгоритм количественной оценки безопасности жизнедеятельности. Отмечается, что среди основных свойств надежности объектов ЭЭС, включающих безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость и долговечность, количественная оценка показателей которых апробирована практикой и во многом регламентирована, безопасность жизнедеятельности занимает особое место. Столь высокая значимость обусловлена оценкой надежности не объектов ЭЭС, а конкретно безопасности персонала ЭЭС. В результате расчетов рекомендуемым методом могут быть получены интегральные количественные оценки безопасности жизнедеятельности оперативного персонала, персонала, выполняющего испытания, восстановление износа и управление объектами ЭЭС в процессе эксплуатации.

Напомним, что в основе оценки безопасности жизнедеятельности персонала находится аксиома: *“опасность жизнедеятельности наступает при нарушении Правил безопасности жизнедеятельности. Реальная безопасность жизнедеятельности тем выше, чем выше уровень исполнения положений Правил безопасности жизнедеятельности”*. Отмечается нецелесообразность расчета показателей безопасности жизнедеятельности по статистике о травматизме и гибели персонала и несоответствие существующих показателей особенностям функционирования ЭЭС.

Учитывая реальную заинтересованность Руководства предприятия в повышении безопасности жизнедеятельности, автоматизированная система расчета безопасности

жизнедеятельности может служить эффективным инструментом управления безопасностью жизнедеятельности. При этом не исключается использование этой системы при аудиторских проверках состояния безопасности жизнедеятельности как со стороны энергосистемы, так и контролирующих безопасность жизнедеятельности организаций.

Все это отмечено лишь с одной целью: выходные документы должны обеспечить информационную и методическую поддержку Руководству предприятия и в конечном итоге способствовать повышению безопасности жизнедеятельности. В этой связи разработка соответствующих рекомендаций по повышению уровня безопасности жизнедеятельности имеет важное практическое значение.

Основная часть. Исполнение Правил безопасности жизнедеятельности. В приоритетах понятий знание и понимание часто возникает ошибочное мнение. С точки зрения уровня познания более высокой категорией является знание, которое включает не только понимание сути документа, но и умение объяснить необходимость его исполнения. Под «пониманием» обычно имеется ввиду лишь осознание сути документа. Поэтому не может быть безопасности жизнедеятельности без знания Правил безопасности жизнедеятельности. Проверка знаний и повышении квалификации персонала по безопасности жизнедеятельности осуществляется в соответствии с [1].

В Учебных Центрах ЭЭС обычно применяется тестовая система контроля знаний по безопасности жизнедеятельности. Несмотря на многолетний опыт применения автоматизированных систем контроля знаний персонала, периодическая сдача экзамена по безопасности жизнедеятельности комиссии проводится и по сей день. Повысить уровень знаний по безопасности жизнедеятельности можно лишь путем перехода к независимым способам контроля.

Знание Правил безопасности жизнедеятельности является неременным условием осознанного учета опасностей при выполнении работ, связанных с эксплуатацией, испытаниями и ремонтом объектов ЭЭС. В таблице 1 приведены сведения о составляющих Правил безопасности жизнедеятельности, о разновидности деятельности персонала и о обобщенных наименованиях объектов. Последние полностью соответствуют классификации, приведенной в [2].

На рис.1. показана структурная схема оценки интегрального показателя БЖ при испытании силового трансформатора.

Таблица 1

Составляющие информации о БЖ

Составляющие Правил безопасности жизнедеятельности	Разновидности деятельности персонала	Обобщенные наименования объектов ЭЭС
Правила Охраны труда (ОТ) Правила Техники Безопасности (ТБ) Правила Пожарной Безопасности (ППБ)	Эксплуатация Испытания Ремонт	Судно Территория, производственные здания и сооружения Гидротехнические сооружения, водное хозяйство, гидротурбинные установки Электрическое оборудование электростанций и сетей

В [1] введено понятие «уровня исполнения» положений Правил безопасности жизнедеятельности, оцениваемого в пятибалльной системе – от невыполнения Правил до показательного их исполнения. Каждому положению разделов Правил безопасности жизнедеятельности в результате опроса присваивается в соответствии с уровнем его исполнения оценка от 1 до 5. Таким образом, если Правила безопасности жизнедеятельности содержат m_g Правил, из которых выделены $m_{c,i}$ положений с $i=1, m_g$, то результаты

экспертизы будут содержать $m_{\Sigma} = \sum_{i=1}^3 m_{c,i}$ совокупностей оценок. Сразу же следует оговориться, что нахождение среднего арифметического этих оценок с точки зрения теории измерений неверно, так как ранги порядковой шкалы измерения не допускают подобных математических операций [3].

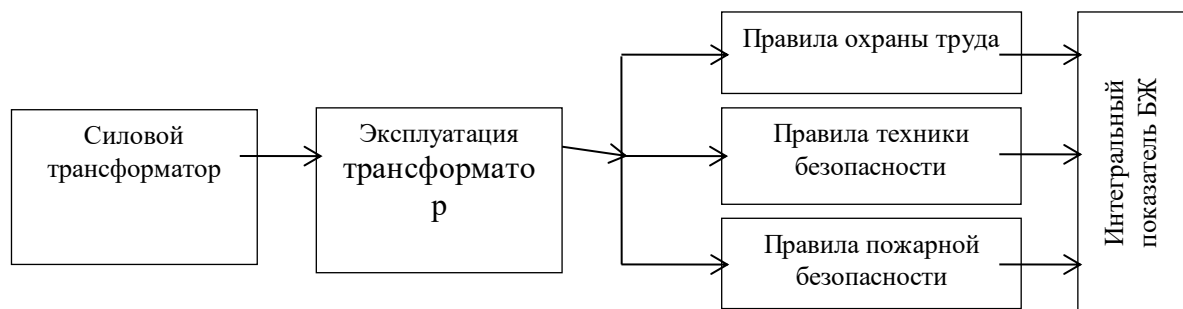


Рисунок 1 – Структурная схема оценки интегрального показателя безопасности жизнедеятельности

Результаты расчета представлены на рис.2 в виде компьютерного фрагмента протокола оценки безопасности жизнедеятельности при испытаниях силового трансформатора.

Протокол включает три раздела и заключение и Приложение. В первом разделе (таблица П1) приведены количественные оценки безопасности жизнедеятельности, во втором – качественные характеристики безопасности жизнедеятельности. В третьем разделе приведены рекомендации для повышения безопасности жизнедеятельности. В заключении дается оценка безопасности жизнедеятельности при испытании силовых трансформаторов. В Приложении приводятся Положения, знания которых не удовлетворяют предъявляемым требованиям.

Учет случайного характера интегральных оценок. К преимуществам отмеченного выше метода расчета относятся простота, наглядность, доступность ручного счета. Но есть и особенности. Результаты экспертизы, по сути, имеют временный и случайный характер. С течением времени выявленные недостатки будут устранены, а повторная экспертиза с иным экспертом может дать иной результат. Он, конечно, не будет принципиально отличаться от первого. Однако с уверенностью можно утверждать, что последовательность обобщенных показателей $\{D_i^*\}_3$ не останется неизменной. И это неудивительно, т.к. исполнители различны.

Кроме того. Как известно [1], интегральный показатель уровня исполнения Правил VJ_{Σ} вычисляется как среднее геометрическое интегральных показателей уровней исполнения каждого из трех Правил VJ_i . Однако, эта формула объективна, если VJ_{Σ} и VJ_i с $i=1,3$ различаются случайно.

Ниже приводится последовательность вычислений, позволяющих учесть случайный характер результатов экспертизы.

1. По результатам экспертизы строится обобщенная гистограмма распределения оценок уровней исполнения всех положений. Частота проявления каждой оценки вычисляется по формуле:

$$f_{\Sigma}^*(k) = \left[\sum_{i=1}^3 r_{i,k} \right] / \sum_{i=1}^3 m_{c,i}, \quad (1)$$

где $r_{i,k}$ – число проявлений k -го уровня исполнения положений Правил безопасности жизнедеятельности.

ПРОТОКОЛ

уровня исполнения Правил безопасности жизнедеятельности

Таблица П1. Результаты диагностики исполнения разделов Правил безопасности жизнедеятельности.

Номер и наименование Правил	Число положений Правил	Интегральная оценка	Номера положений, оцененных на:		
			удовлетворительно	плохо	недопустимо
1. ПОТ	$m_1 =$	$BJ_1^* =$			
2. ПТБ	$m_2 =$	$BJ_2^* =$			
3. ППБ	$m_3 =$	$BJ_3^* =$			
Интегральная оценка исполнения Правил БЖ		$BJ_\Sigma^* =$			

Таблица П2. Шкала качественной характеристики показателей безопасности жизнедеятельности.

Количественная характеристика	Интервал изменения
Недопустимая	0 - 0,2
Плохая	0,2 - 0,4
Удовлетворительная	0,4 - 0,6
Хорошая	0,6 - 0,8
Показательная	0,8 - 1,0

1. Рекомендации.

- 1.1. Интегральная оценка уровня исполнения Правил безопасности жизнедеятельности $BJ_\Sigma^* =$ _____ и в соответствии с таблицей 2 оценивается как _____
- 1.2. Интегральная оценка уровня исполнения положений _____ относятся к группе «неудовлетворительных» и требуют принятия решительных мер для устранения несоответствия знания Правил безопасности жизнедеятельности предъявляемым требованиям.
- 1.3. В приложении приведены положения Правил, недостаточный уровень исполнения которых требует переподготовки персонала.
- 1.4. Как следует из таблицы 1П, недопустимый уровень исполнения положений составляет _____% от общего числа оценок.

2. Заключение:

- 2.1. Уровень безопасности жизнедеятельности оценивается как _____
- 2.2. Требуется обсудить результаты и повторить экспертизу через две недели.

Дата _____ Эксперт _____

Рисунок 2 – Компьютерный фрагмент протокола оценки БЖ при испытаниях силового трансформатора

2. Рассчитываются дискретные значения с.ф.р. $F_\Sigma^*(k)$ по формуле:

$$F_\Sigma^*(1) = f_\Sigma^*(1);$$

$$F_{\Sigma}^*(k) = \sum_{k=2}^4 f_{\Sigma}^*(k); \quad F_{\Sigma}^*(5) = 1. \quad (2)$$

3. Аналогично вычисляется частота оценок уровня исполнения каждого Правила $f_{v,i}^*(k)$ и дискретные значения с.ф.р. $F_{v,i}^*(k)$ по формулам:

$$f_{v,i}^*(k) = r_{i,k} / m_{c,i}; \quad F_{v,i}^*(k) = \sum_{k=1}^5 f_{v,i}^*(k), \quad k = \overline{1,5}, \quad i = \overline{1,3}, \quad (3)$$

4. Вычисляется абсолютная величина расхождения с.ф.р. $\Delta_{i,k}^*$ по формуле:

$$\Delta_{i,k}^* = |F_{\Sigma}^*(k) - F_{v,i}^*(k)|, \quad i = \overline{1,3}, \quad k = \overline{1,5}. \quad (4)$$

5. Для каждой группы из $\kappa=5$ случайных значений $\{\Delta_{i,k}\}_{n;5}$ вычисляются:

- 5.1. Наибольшее значение по формуле:

$$B_{\vartheta}^*(\Delta_i^*) = \Delta_{i,\max}^* = \max \{\Delta_{i,1}^*; \Delta_{i,2}^*; \Delta_{i,3}^*; \Delta_{i,4}^*; \Delta_{i,5}^*\}. \quad (5)$$

- 5.2. Среднее арифметическое значение по формуле:

$$M_{\vartheta}^*(\Delta_i^*) = 0,2 \sum_{k=1}^5 \Delta_{i,k}^*. \quad (6)$$

- 5.3. Величина размаха рассеяния по формуле:

$$L_{\vartheta}^*(\Delta_i^*) = \Delta_{i,\max}^* - \Delta_{i,\min}^*, \quad (7)$$

где $\Delta_{i,\min}^* = \min \{\Delta_{i,1}^*; \Delta_{i,2}^*; \Delta_{i,3}^*; \Delta_{i,4}^*; \Delta_{i,5}^*\}$

К каждому из трех показателей (статистик) добавлен индекс «э», что выделяет их экспериментальные значения.

6. По данным [4] вычисляются критические значения аналогичных показателей, которые обозначим как: $B_{\alpha}^*(B_{\vartheta}^*), M_{\alpha}^*(\Delta_i^*), L_{\alpha}^*(\Delta_i^*)$.

7. Характер расхождения $F_{\Sigma}^*(k)$ и $F_i^*(k)$ оценим по критерию:

$$(B_{\alpha}^*(\Delta_i^*) < B_{\kappa}^*(\Delta_i^*)) \wedge (M_{\vartheta}^*(\Delta_i^*) < M_{\alpha}^*(\Delta_i^*)) \wedge (L_{\alpha}^*(\Delta_i^*) < L_{\alpha}^*(\Delta_i^*)) \Rightarrow (H \Rightarrow H_1) \neg (H \Rightarrow H_2).$$

где H_1 и H_2 – соответственно предположение о случайном и неслучайном расхождении интегральных показателей. Учет случайного характера оценок D_i^* принципиален при определении Правил, исполнение которых неслучайно хуже, чем усредненный уровень исполнения всех Правил безопасности жизнедеятельности.

Вывод

1. Количественная оценка показателей безопасности жизнедеятельности обеспечивает информационную и методическую поддержку Руководства предприятия при повышении безопасности жизнедеятельности персонала.
2. Разработан метод и алгоритм учета случайного характера оценок интегральных

показателей безопасности жизнедеятельности. Применение метода позволяет выделить показатели, которые неслучайно хуже усредненных оценок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Исмаилова С.М. Количественная оценка интегрального показателя безопасности жизнедеятельности персонала ЭЭС. М.: Безопасность жизнедеятельности. №4, 2017. С. 9-14
2. Баринов А.В., Седых Н.И., Седнев В.А. и др. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2014, 350 с.
3. Дмитриев В.В. Определение интегрального показателя состояния природного объекта как сложной системы. //Общество, среда, развитие (Terra Humana) №4/2009.С.146-165

Ismayilova S.M., Jalilov T. A.

THE AUTOMATED SYSTEM OF ESTIMATION OF THE INTEGRAL INDICATOR OF THE LEVEL OF EXECUTION OF THE LIFE SAFETY REGULATIONS

Among the main properties of reliability of EPS facilities, including reliability, maintainability, maintainability and durability, the quantitative evaluation of which have been tested by practice and is largely regulated, the issues of safety of the personnel of the EPS are becoming more important. The recommended method allows to obtain integral quantitative estimates of the safety of vital activity of operational personnel performing tests, restoration of wear and control of EPS facilities during operation. The results of a quantitative assessment of the integral index of life safety allow us to compare the safety of vital activity in various enterprises of EPS, identify "weak links" that are the main cause of the discrepancy between real life safety requirements, the safety management by eliminating "weak links".

Key words: Safety of vital activity, rules, automated system, integral indicator of life safety.

Ісмаїлова С.М., Джалилов Т. А.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА РІВНЯ ВИКОНАННЯ ПРАВИЛ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Серед основних властивостей надійності об'єктів ЕЕС, що включають безвідмовність, ремонтпридатність, збереженість і довговічність, кількісна оцінка показників яких апробована практикою і багато в чому регламентована, велике значення набувають питання безпеки життєдіяльності персоналу ЕЕС. Рекомендований метод дозволяє отримати інтегральні кількісні оцінки безпеки життєдіяльності оперативного персоналу, що виконує випробування, відновлення зносу і управління об'єктами ЕЕС в процесі експлуатації. Результати кількісної оцінки інтегрального показника безпеки життєдіяльності дозволяють зіставити безпеку життєдіяльності на різних підприємствах ЕЕС, виявити «слабкі ланки», що є основною причиною невідповідності реальної безпеки життєдіяльності пропонованим вимогам, управляти безпекою життєдіяльності шляхом ліквідації «слабких ланок».

Ключові слова: Безпека життєдіяльності, Правила, автоматизована система, інтегральний показник безпеки життєдіяльності.

Султанов Э.Ф., Мамедов Э.М.

ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ЯКОРНОГО УСТРОЙСТВА С ПОМОЩЬЮ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В статье рассмотрены вопросы связанные с применением современного полупроводникового преобразователя частоты для регулирования скорости асинхронного двигателя судового якорного устройства и выявлены основные преимущества такого электропривода.

Анализ результатов исследования показал, что при регулировании скорости вращения электродвигателя якорного устройства с помощью частотного преобразователя, обеспечивается широкий диапазон и плавность регулирования.

В сравнении с применяемой на судах контакторной системой управления, эксплуатационные показатели современных частотных преобразователей на основе бесконтактных полупроводников, а также их надежность намного выше.

Сокращение числа трёхфазных статорных обмоток, приводит к снижению массогабаритных показателей и стоимости нового изготовленного электродвигателя примерно в два раза.

Ключевые слова: судно, якорное устройство, асинхронный двигатель, частота вращения, регулирование, преобразователь частоты.

Введение: Якорно-швартовные устройства считаются одними из наиболее важных судовых потребителей электроэнергии. Эти устройства обеспечивают безопасную швартовку, надежную стоянку судна у причалов и других плавучих и береговых сооружений, а также якорную стоянку на рейде. Однако электрические приводы, приводящие в движение эти устройства, технически устарели и не могут отвечать современным требованиям. Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором для привода этих устройств, спроектированные ещё в 1976-м году отдельными сериями были применены в электроприводах палубных механизмов [2]. Известно, что в ранее используемых асинхронных электродвигателях преимущественным, с точки зрения надежности установки, было регулирование скорости вращения путем изменения числа пар полюсов асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Указанный тип электродвигателей используется на судах в настоящее время и имеет статорную обмотку, состоящую из 3-х фазных электрически не связанных друг с другом обмоток с разным числом пар полюсов. Электродвигатели малой мощности (приблизительно до 10кВт) выпускаются с двумя, а средней и большой мощности с тремя обмотками.

Следует отметить, что массогабаритные показатели указанных электродвигателей относительно выше, чем у обычных двигателей с одной статорной обмоткой и кроме того, они не могут обеспечить требуемый диапазон регулирования скорости якорно-швартовных устройств [3, 4].

Основная часть: Учитывая вышеуказанное, в статье предложено управление электродвигателем якорного устройства с помощью современных частотных преобразователей, с использованием широко применяемого в последнее время (последние 10 лет) частотного преобразователя со звеном постоянного тока и инвертором напряжения с широтно-импульсной модуляцией. Применение данного частотного преобразователя обеспечивает плавное регулирование скорости электродвигателя в диапазоне $(20 \div 30):1$ и снижает, возникающие при регулировании, электрические потери. Это достигается тем, что в

процессе регулирования скольжение двигателя не изменяется. Механические характеристики, соответствующие регулированию с помощью указанного частотного преобразователя скорости вращения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при постоянстве момента сопротивления, показаны на рис.1.

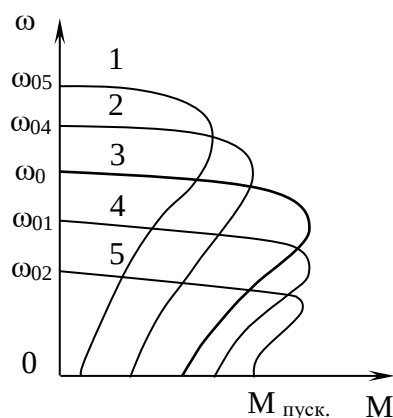


Рисунок 1 – Механические характеристики асинхронного двигателя при регулировании скорости вращения с помощью частотного преобразователя с широтно-импульсной модуляцией

Характеристика 3 на рис.1 является естественной характеристикой двигателя, то есть характеристика, соответствующая номинальным значениям напряжения и частоты ($U_{ном}=380$ В, $f_{ном}=50$ Гц). Характеристики 4 и 5 являются характеристиками, полученными соответственно при пониженных значениях напряжения и частоты. Характеристики 2 и 1 это характеристики, полученные соответственно при номинальном значении напряжения и значении частоты, выше номинального.

Следует отметить, что опускание якоря производится с помощью электрогидравлического тормозного устройства и электродвигатель в этом процессе не участвует. Процесс съема с якоря и выбирание якорной цепи осуществляется с помощью электрического привода, управляемого с поста, располагаемого вблизи якорного устройства. Во время выбирания якорной цепи и поднятия якоря, режим работы электродвигателя якорного устройства изменяется в широком диапазоне. В некоторый момент времени электродвигатель даже может остановиться под нагрузкой (режим короткого замыкания). Именно по этой причине для электропривода якорного устройства изготавливаются специальные электродвигатели. Рассмотрим параметры и механические характеристики одного из таких электродвигателей, наиболее широко применяемого на судах, плавающих под флагом Азербайджанской Республики:

Тип двигателя - МАП 622-4/8/16. Здесь 4, 8, 16 – соответственно число пар полюсов статорных обмоток высшей, средней и малой скоростей. Мощности эти обмоток соответственно $P_{ном}=28/36/10$ кВт. Номинальные скорости вращения соответственно $n_{ном}=1445/670/315$ об/мин.

Перегрузочная способность обмоток, начиная с обмотки низшей скорости (1-ая обмотка):

$$\lambda_1 = \frac{M_{макс1}}{M_{ном}} = 2,1; \lambda_2 = \frac{M_{макс2}}{M_{ном2}} = 2,4; \lambda_3 = \frac{M_{макс3}}{M_{ном3}} = 2,4.$$

Определим параметры обмоток в отдельности. Номинальный момент для обмотки низшей (2P=16) скорости

$$M_{1H} = 9,81 \frac{975 \cdot P_{1H}}{n_{1H}} = 9,81 \frac{975 \cdot 10}{315} = 303,64 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Номинальный момент для обмотки средней (2P=8) скорости

$$M_{2H} = 9,81 \frac{975 \cdot P_{2H}}{n_{2H}} = 9,81 \frac{975 \cdot 36}{670} = 514 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Номинальный момент для обмотки высшей (2P=4) скорости

$$M_{3H} = 9,81 \frac{975 \cdot P_{3H}}{n_{3H}} = 9,81 \frac{975 \cdot 28}{1445} = 185,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Скольжение электродвигателя, соответствующее режиму работы каждой обмотки

$$\begin{aligned} S_{1H} &= \frac{n_{01} - n_{H1}}{n_{01}} = \frac{375 - 315}{375} = 0,16; \\ S_{2H} &= \frac{n_{02} - n_{H2}}{n_{02}} = \frac{750 - 675}{750} = 0,106; \\ S_{3H} &= \frac{n_{03} - n_{H3}}{n_{03}} = \frac{1500 - 1445}{1500} = 0,037. \end{aligned}$$

Соответственно определяем значения критического скольжения для обмоток:

$$\begin{aligned} S_{1кр} &= S_{1H}(\lambda_1 \pm \sqrt{\lambda_1^2 - 1}) = 0,16 \cdot (2,1 \pm \sqrt{2,1^2 - 1}) = 0,16 \cdot (2,1 + 1,85) = 0,63; \\ S_{2кр} &= S_{2H}(\lambda_2 \pm \sqrt{\lambda_2^2 - 1}) = 0,16 \cdot (2,4 \pm \sqrt{2,4^2 - 1}) = 0,106 \cdot (2,4 + 2,18) = 0,48; \\ S_{3кр} &= S_{3H}(\lambda_3 \pm \sqrt{\lambda_3^2 - 1}) = 0,037 \cdot (2,4 \pm \sqrt{2,4^2 - 1}) = 0,037 \cdot (2,4 + 2,18) = 0,169. \end{aligned}$$

Максимальные (критические) моменты, создаваемые обмотками

$$\begin{aligned} M_{1кр} &= \lambda_1 \cdot M_{1H} = 2,1 \cdot 303,64 = 637,6 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ M_{2кр} &= \lambda_2 \cdot M_{2H} = 2,4 \cdot 514 = 1233,6 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ M_{3кр} &= \lambda_3 \cdot M_{3H} = 2,4 \cdot 185,3 = 444,7 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Строим механические характеристики электродвигателя для каждой обмотки, пользуясь формулой Клосса

$$M_1 = \frac{2 \cdot M_{1кр}}{\frac{S_{1кр}}{S_{1кр}} + \frac{S_{1кр}}{S_1}} = \frac{2 \cdot 637,6}{\frac{0,63}{0,63} + \frac{0,63}{S_1}}; M_2 = \frac{2 \cdot M_{2кр}}{\frac{S_{2кр}}{S_{2кр}} + \frac{S_{2кр}}{S_2}} = \frac{2 \cdot 1233,6}{\frac{0,48}{0,48} + \frac{0,48}{S_2}}; M_3 = \frac{2 \cdot M_{3кр}}{\frac{S_{3кр}}{S_{3кр}} + \frac{S_{3кр}}{S_3}} = \frac{2 \cdot 444,7}{\frac{0,169}{0,169} + \frac{0,169}{S_3}}.$$

Скорость вращения ротора, создаваемая работой отдельных обмоток вычисляется с помощью следующего выражения

$$n = n_0(1 - S).$$

Результаты расчётов, проведённых с помощью формул (13)–(16) приведены в таблицах 1–3. Из рисунка 2 отчетливо видно, что максимальный момент обмотки высшей (2P=4) скорости, примерно в 3 раза меньше максимального момента обмотки средней (2P=8) скорости. Причиной этому является то, что эта обмотка предназначена для натяжения свободно свисающей части швартовного каната во время швартовки у причала и не участвует в процессе выбирания якорной цепи и подъёма якоря. В процессе выбирания якорной цепи и

подъёме якоря 90% нагрузки всей операции приходится на долю рабочей обмотки (2P=8) и в это время нагрузка электродвигателя меняется в широких пределах.

Таблица 1

S_1	0	0,04	0,16	0,4	0,63	0,7	0,8	1
$M_1 (Н·м)$	0	80,7	304	577	637,5	636	365	377
$n_1 (об/мин)$	375	360	315	225	139	112	75	0

Таблица 2

S_2	0	0,1	0,3	0,4	0,48	0,6	0,7	0,8	1
$M_2 (Н·м)$	0	493	1111,3	1215	1293	1203	1152	1091	963
$n_2 (об/мин)$	750	675	525	450	390	300	225	150	0

Таблица 3

S_3	0	0,037	0,1	0,169	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$M_3 (Н·м)$	0	185	395	444,7	440	314	232	180	148
$n_3 (об/мин)$	1500	1445	1350	1246	1200	900	600	300	0

Естественные механические характеристики 1–3 асинхронного двигателя показаны на рис. 2.

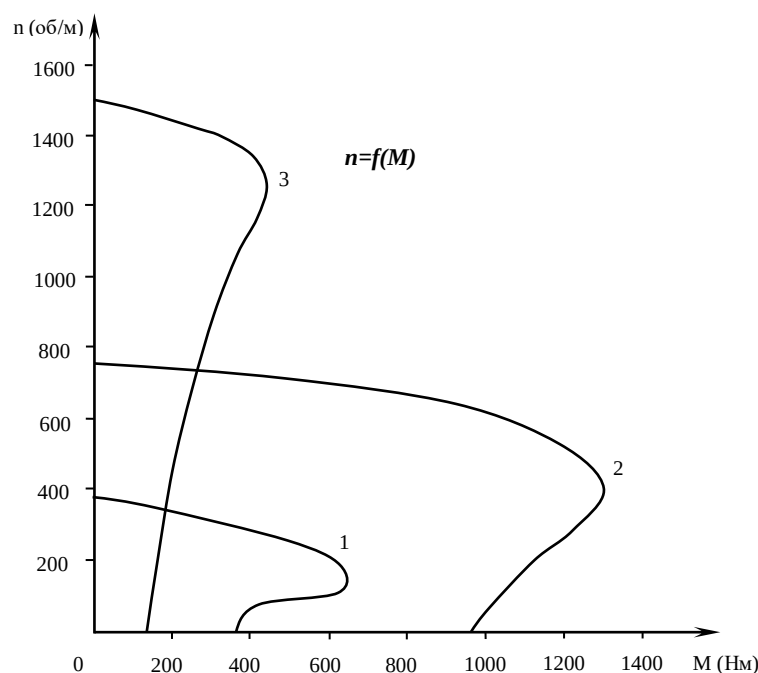


Рисунок 2 – Естественные механические характеристики для каждой отдельной обмотки асинхронного двигателя типа МАП 622-4/8/16.

В момент отрыва якоря от грунта, электродвигатель останавливается на несколько секунд под током (переходит в режим короткого замыкания). Обмотка низшей (2P=16) скорости включается после выхода якоря из воды и работает в течение медленного подхода якоря к клюзу, во избежание повреждения корпуса судна.

Из вышеуказанного отчетливо видно, что обмотки высшей (2P=4) и низшей (2P=16) скоростей являются вспомогательными и работают в течение малого времени. Поэтому при управлении электродвигателем якорного устройства с помощью частотного преобразователя использована обмотка средней (2P=8) скорости и она будет проверена на соответствие

требуемым режимам. Рассмотрим на примере асинхронного двигателя типа МАП 622 регулирование скорости вращения с помощью частотного преобразователя с широтно-импульсной модуляцией, при подключении на напряжение только рабочей обмотки. Как уже было указано, такие частотные преобразователи позволяют регулировать скорость вращения асинхронного двигателя в 20-30 раз ниже и в 1,5-2 раза выше номинальной скорости. Определим с помощью частотного преобразователя для рабочей (2Р=8) обмотки необходимые скорости вращения электродвигателя якорного устройства и возможности соответствия всем требуемым режимам работы.

Как известно, в этом методе регулирования для сохранения постоянной перегрузочной способности электродвигателя (на всех ступенях регулирования), наряду с изменением частоты тока, одновременно необходимо изменять и значение напряжения. Сохранение перегрузочной способности электродвигателя при регулировании обеспечивается когда кратность максимального момента ($M_{\text{макс.}i}$), создаваемого двигателем к максимальному моменту ($M_{\text{макс.н.}}$), при номинальной скорости вращения, равна отношению моментов сопротивления рабочего механизма

$$\frac{M_{\text{ст.}i}}{M_{\text{ст.н}}} = \frac{M_{\text{макс.}i}}{M_{\text{макс.н}}}, \quad (1)$$

где $M_{\text{ст.}i}$ и $M_{\text{макс.}i}$ – соответственно значения статического момента механизма и максимального момента двигателя при регулировании;

$M_{\text{ст.н.}}$ и $M_{\text{макс.н.}}$ – соответственно значения статического момента механизма и максимального момента двигателя при номинальной частоте вращения.

Если пренебречь сопротивлением статорной обмотки асинхронного электродвигателя, его максимальный (критический) момент будет

$$M_{\text{макс}} = \frac{m_1 U_1^2}{2C_1 \omega_s X_q} = K \frac{U_1^2}{f_1^2}, \quad (2)$$

где $K = \frac{m_1 P^2}{8C_1 \pi^2 L_k}$ – постоянная величина, L_k – индуктивность при к.з.

Соответственно получаем

$$\frac{M_{\text{макс.}i}}{M_{\text{макс.н.}}} = \frac{U_{1i}^2}{f_{1i}^2} \cdot \frac{U_1^2}{f_1^2}. \quad (3)$$

Подставив из формулы (1) значение $\frac{M_{\text{макс.}i}}{M_{\text{макс.н.}}}$ в выражение (3), получим

$$\frac{M_{\text{ст.}i}}{M_{\text{ст.н.}}} = \frac{U_{1i}^2}{f_{1i}^2} \cdot \frac{U_n^2}{f_n^2} = \left(\frac{U_{1i}}{U_n} \right)^2 \cdot \left(\frac{f_n}{f_i} \right)^2.$$

Отсюда

$$\frac{U_{1i}}{U_n} = \frac{f_i}{f_n} \sqrt{\frac{M_{\text{ст.}i}}{M_{\text{ст.н.}}}}. \quad (4)$$

Как известно из курса электропривода, статический момент сопротивления многих механизмов, зависит от угловой скорости (ω) электродвигателя, приводящего в движение этот механизм

$$M_{\text{ст}} = M_0 + (M_n - M_0)^\alpha, \quad (5)$$

где M_0 – часть статического момента сопротивления, не зависящая от угловой скорости;

α - показатель степени зависимости статического момента сопротивления от угловой скорости. Для большинства механизмов $\alpha = 0 \div 2$.

Если пренебречь M_0 , то выражение (5) можно записать в виде

$$M_{ст} = C\omega^\alpha (C_1 - f_i)^\alpha, \quad (6)$$

где C и C_1 – постоянные величины.

Следует отметить, что статический момент сопротивления остается постоянным при изменении угловой скорости. $\alpha = 0$ для условия ($M_{ст} = \text{const}$). То есть напряжение, подаваемое на зажимы электродвигателя, изменяется пропорционально частоте. Тогда из выражения (3)

$$\frac{U_{1i}}{U_H} = \frac{f_i}{f_H}. \quad (7)$$

Отсюда

$$U_{1i} = U_H \varphi_i, \quad (8)$$

где $\varphi_1 = \frac{f_i}{f_H}$ – относительное значение изменения частоты тока двигателя.

Известно, что изменение частоты тока подаваемого на двигатель, способствует изменению, создаваемой статорной обмоткой, угловой скорости (ω_c) и индуктивного сопротивления X_q . В связи с этим изменяется значение критического скольжения.

Вращающийся магнитный поток статора

$$\omega_{сн} = \frac{2\pi f_H}{p}; \quad \omega_{cf} = \omega_{сн} \varphi. \quad (9)$$

Реактивное сопротивление короткого замыкания

$$X_k = X_{кн} \cdot \varphi. \quad (10)$$

Выражение для критического скольжения при изменении частоты будет

$$S_{крf} = \pm \frac{c_1 r_2'}{\sqrt{r_1^2 + X_k^2 \cdot \varphi^2}}. \quad (11)$$

Учитывая, принятое из вывода закона изменения напряжения при изменении частоты [5], значение сопротивления статорной обмотки $r_1 = 0$, запишем

$$S_{крf} = \pm \frac{c_1 r_2'}{\varphi \cdot X_k} = \frac{S_{кр}}{\varphi}. \quad (12)$$

Подставив выражения (11) и (12) в формулу Клосса, получим новое выражение для условия изменения напряжения и частоты тока

$$M_f = \frac{2 \cdot M_{кр}}{\frac{S \cdot \varphi + S_{кр}}{S_{кр} + S \cdot \varphi}}. \quad (13)$$

Пользуясь вышеуказанной формулой, построим механические характеристики для асинхронного двигателя типа МАП, при различных значениях частоты рабочей обмотки. Регулирование будет осуществляться для обоих направлений.

I. Регулирование скорости вращения электродвигателя вниз от номинальной, путём пропорционального изменения частоты и напряжения.

Определяем показатели механические характеристики асинхронного двигателя, пользуясь выражением (13).

$$1. f_n = 50\text{Гц}; U_n = 380\text{В}$$

$$M_2 = \frac{2 \cdot M_{2\text{кр}}}{\frac{s_2}{s_{2\text{кр}}} + \frac{s_{2\text{кр}}}{s_2}} = \frac{2 \cdot 1233,6}{\frac{s_2}{0,48} + \frac{0,48}{s_2}} \cdot \quad (14)$$

Расчет, произведенный по указанной формуле показан в таблице 2. Так как при регулировании скорости вращения частота и напряжение изменяется пропорционально, расчет производится по формуле (13). В данной формуле определяем значение φ для произвольного значения частоты и сохраняя постоянство значения φ при различных значениях скольжения (от 0 до 1), находим момент, создаваемый электродвигателем. Результаты расчета, проведенного для значений $\varphi = 1; 0,8; 0,6; 0,4; \text{ и } 0,2$ показан в таблице 4.

$$2. f_n = 40\text{Гц}; \varphi = 0,8; U = U_n \cdot 0,8 = 304\text{В}$$

3.

$$M_2 = \frac{2 \cdot M_{2\text{кр}}}{\frac{s_2 \cdot \varphi}{s_{\text{кр}}} + \frac{s_{\text{кр}}}{s_2 \cdot \varphi}} = \frac{2 \cdot 1233,6}{\frac{s_2 \cdot 0,8}{0,48} + \frac{0,48}{s_2 \cdot 0,8}} \cdot \quad (15)$$

Результаты расчета, проведенного для остальных значений ($\varphi = 0,6; \varphi = 0,4; \varphi = 0,2$) показан в таблице 4.

Таблица 4

$U = 0,8 \cdot U_n$	S	0	0,1	0,3	0,48	0,6	0,7	0,8	1
$f = 0,8 \cdot f_n$	$M_2 (Hм)$	0	205,7	1131	1203	1233	1223	1186	1091
$\varphi = \frac{f}{f_n} = 0,8$	n (об/мин)	600	540	420	312	240	180	120	0
$U = 0,6 \cdot U_n$	S	0	0,1	0,3	0,48	0,6	0,7	0,8	1
$f = 0,6 \cdot f_n$	$M_2 (Hм)$	0	303,6	811	1091,6	1186	1221	1233	1203
$\varphi = \frac{f}{f_n} = 0,6$	n (об/мин)	450	405	315	234	180	135	90	0
$U = 0,4 \cdot U_n$	S	0	0,1	0,3	0,48	0,6	0,7	0,8	1
$f = 0,4 \cdot f_n$	$M_2 (Hм)$	0	204	580	850,7	860	1077	1142	1215
$\varphi = \frac{f}{f_n} = 0,4$	n (об/мин)	300	270	210	156	120	90	60	0
$U = 0,2 \cdot U_n$	S	0	0,1	0,3	0,48	0,6	0,7	0	1
$f = 0,2 \cdot f_n$	$M_2 (Hм)$	0	103	304	474	580	665	741	872
$\varphi = \frac{f}{f_n} = 0,2$	n (об/мин)	150	135	105	78	60	45	30	0

II. Регулирование скорости вращения электродвигателя вверх от номинальной, путём увеличения частоты при сохранении номинального значения напряжения (380В).

Как известно, максимальный (критический) момент электродвигателя, прямо пропорционален квадрату напряжения, и обратно пропорционален квадрату частоты $M_{\text{кр}} \equiv \frac{U^2}{f^2}$

В связи с этим при построении механических характеристик, для увеличенных значений частоты приходится заново рассчитывать максимальный (критический) момент

электродвигателя [6]. При этом, так как $M_{ст} = \text{const}$, применим формулу расчета момента для значений частоты в направлении снижения.

$$4. \quad \begin{aligned} f_n &= 60 \text{ Гц}; U_n = 380 \text{ В} \\ \varphi_1 &= \frac{60}{50} = 1,2; \\ M_2 &= \frac{2 \cdot M_{кр1}}{\frac{S \cdot \varphi_1 + S_{кр}}{S_{кр} + S \cdot \varphi_1}}; \end{aligned} \quad (16)$$

$$M_{кр1} = \frac{M_{кр.н}}{1,2^2} \frac{123,36}{1,44} = 856,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Расчет проводится согласно формуле (13)

$$S=0,1 \quad M_2 = \frac{2 \cdot M_{кр1}}{\frac{S \cdot \varphi_1 + S_{кр}}{S_{кр} + S \cdot \varphi_1}} = \frac{2 \cdot 856,6}{\frac{0,1 \cdot 1,2 + 0,48}{0,48 + 0,1 \cdot 1,2}} = \frac{1713,2}{0,25+4} = 403 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

В этом порядке результаты расчета по формуле (16) приведены в таблице 5.

Таблица 5

$U = U_n$	S	0	0,1	0,3	0,48	0,6	0,7	0,8	1
$f = 70 \text{ Гц}$	$M_2 \text{ (Нм)}$	0	403	824	844	793	738	693	591
$\varphi_2 = \frac{f}{f_n} = \frac{60}{50} = 1,2$	$n \text{ (об/мин)}$	900	810	630	468	360	270	180	0

5. $f_n = 70 \text{ Гц}; U = U_n$;

$$\begin{aligned} \varphi_2 &= \frac{70}{50} = 1,4; \\ M_{кр2} &= \frac{M_{крн}}{1,4^2} = \frac{1233,6}{1,96} = 629,4 \text{ Нм}. \end{aligned} \quad (17)$$

Задавая значения скольжения (S) от 0,1 до 1, проводим вычисления по формуле (17)

$$S = 0,1 \quad M_2 = \frac{2 \cdot M_{кр2}}{\frac{S \cdot \varphi_2 + S_{кр}}{S_{кр} + S \cdot \varphi_2}} = \frac{2 \cdot 629,4}{\frac{0,1 \cdot 1,4 + 0,48}{0,48 + 0,1 \cdot 1,4}} = \frac{1259}{0,29+3,43} = 338 \text{ Нм}.$$

Результаты расчета проведенного по формуле (17) приведены в таблице 6.

Таблица 6

$U = U_n$	S	0	0,1	0,3	0,48	0,6	0,7	0,8	1
$f = 70 \text{ Гц}$	$M_2 \text{ (Нм)}$	0	338	626	593	542	497	456	386
$\varphi_2 = \frac{f}{f_n} = \frac{70}{50} = 1,4$	$n \text{ (об/мин)}$	1050	945	735	546	420	315	210	0

Исходя из вышеуказанного определения максимального (критического) момента электродвигателя при различных значениях частот 80, 90 и 100 Гц, построенные механические характеристики для этих и других значений частот показаны на рисунке 3.

Из характеристик показанных на рисунке 3 отчетливо видно, что при частотном регулировании скорости вращения, создаваемой обмоткой (2P=8) средней скорости, электродвигатель полностью обеспечивает требуемые режимы работы якорного устройства. Одновременно с этим обеспечивается плавность и широкий диапазон регулирования скорости. В дополнение ко всему указанному, замена контакторной системы управления частотным преобразователем на основе полупроводников, облегчает эксплуатацию электропривода

якорного устройства, а также повышает очень важный для морских условий показатель – надежность.

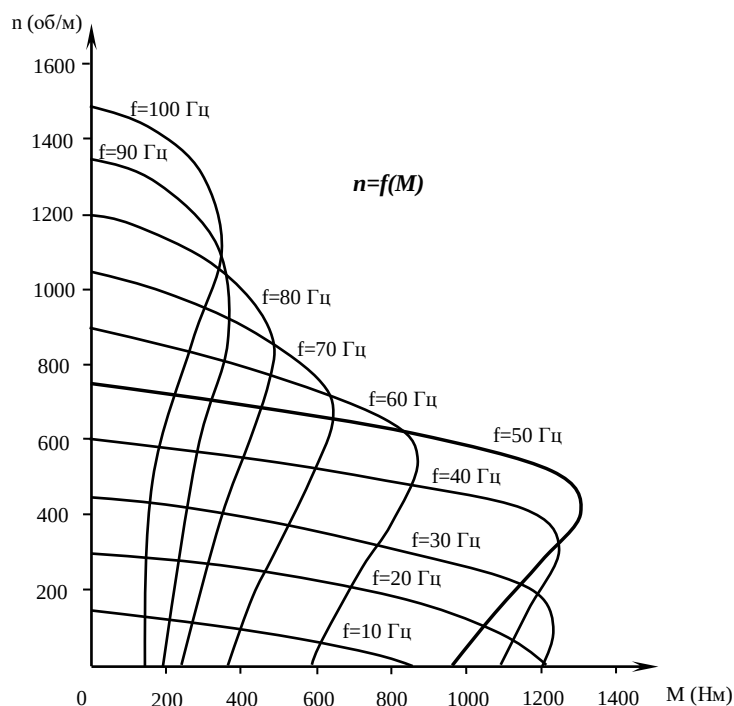


Рисунок 3 – Регулировочные характеристики асинхронного двигателя типа МАП 622-4/8/16 при различных значениях частот

Вывод. Основываясь на проведенные исследования, можно отметить:

1. При регулировании скорости вращения электродвигателя якорного устройства с помощью частотного преобразователя, обеспечивается широкий диапазон и плавность регулирования.
2. В сравнении с применяемой на судах контакторной системой управления, эксплуатационные показатели современных частотных преобразователей на основе бесконтактных полупроводников, а также их надежность намного выше.
3. Сокращение числа трёхфазных статорных обмоток, приводит к снижению массогабаритных показателей и стоимости нового изготовленного электродвигателя примерно в два раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мехтиев Г.А., Гасанов З.А., Шабанов Т.Г. Судовые автоматизированные электроприводы. Баку «Нурлан», 2005г. 358 стр.
2. Мехтиев Г.А., Султанов Э.Ф. Технические и экономические преимущества буксирной лебедки частотно-преобразовательного управления по отношению к действующей буксирной лебедке с асинхронным двигателем. Научные труды №1 Азербайджанской Государственной Морской Академии. Баку 2013, стр. 89-94.
3. Мехтиев Г.А., Гасанов Э.А. Увеличение предела регулирования скорости автоматизированного якорно-швартового устройства. Научные труды Азербайджанской Государственной Морской Академии. Баку 2003, стр 59-63.
4. Султанов Э.Ф. Гасанов Э.А. Управление электропривода якорного устройства с помощью частотного преобразователя» Проблемы Энергетики. Н.изд. №3, Баку, 2014 год, стр. 65-77. (на азербайджанском языке).

Султанов Е.Ф., Мамедов Е.М.

ОСНОВНІ ПЕРЕВАГИ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ якiрного пристрою ЗА ДОПОМОГОЮ ЧАСТОТНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

У статті розглянуті питання пов'язані із застосуванням сучасного напівпровідникового перетворювача частоти для регулювання швидкості асинхронного двигуна суднового якiрного пристрою і виявлені основні переваги такого електроприводу.

Аналіз результатів дослідження показав, що при регулюванні швидкості обертання електродвигуна якiрного пристрою за допомогою частотного перетворювача, забезпечується широкий діапазон і плавність регулювання.

У порівнянні з вживаною на судах контакторної системою управління, експлуатаційні показники сучасних частотних перетворювачів на основі безконтактних напівпровідників, а також їх надійність набагато вище.

Скорочення числа трифазних статорних обмоток, призводить до зниження масогабаритних показників і вартості нового виготовленого електродвигуна приблизно в два рази.

Ключові слова: судно, якiрне пристрій, асинхронний двигун, частота обертання, регулювання, перетворювач частоти.

Sultanov E.F., Mamedov E.M.

BASIC ADVANTAGES OF ELECTRIC DRIVE CONTROL OF ANCHOR DEVICE BY MEANS OF A FREQUENCY CONVERTER

The article discusses issues related to the use of a modern semiconductor frequency converter for regulating the speed of an asynchronous engine of the ship anchor device and identifies the main advantages of such an electric drive.

Analysis of the research results showed that when regulating the speed of rotation of the armature motor using a frequency converter, a wide range and smoothness of regulation is ensured.

In comparison with the contactor control system used on ships, the operational performance of modern frequency converters based on contactless semiconductors, as well as their reliability, is much higher.

Reducing the number of three-phase stator windings, leads to a decrease in mass and size parameters and the cost of a new manufactured electric motor approximately two times.

Keywords: ship, anchor device, asynchronous motor, rotational speed, regulation, frequency converter.

Салимова А.К., Исмаилов С.С.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В статье предлагается способы улучшения качества электрической энергии на судах. Судовая электроэнергетическая система должна обеспечивать надежное функционирование судовых систем, безопасность плавания, условия жизни и работы экипажа, экономичное генерирование и распределение электроэнергии требуемого качества, а также иметь оптимальное сочетание стоимости ее монтажа и эксплуатации при удовлетворительных массогабаритных показателях, как отдельных элементов, так и всей системы в целом. Техничко-экономические показатели СЭЭС определяются, в первую очередь, рациональным выбором рода тока, частоты и величины напряжения в системе, которые являются основными параметрами СЭЭС.

Ключевые слова: судовая электроэнергетическая система, качество электрической энергии, стабилизации напряжения

Введение. Основные параметры, определяющие технико-экономическую эффективность судовых электроэнергетических систем (СЭЭС) – это род тока, значение напряжения, частота тока. Важную актуальность приобретает сегодня и качество электрической энергии. По требованию морского регистра судоходства коэффициент несинусоидальности напряжения судовой электрической сети не должен превышать 10%.

Основная часть. На судах [1,2] разрешается применение постоянного и переменного тока. Однако опыт эксплуатации СЭЭС показал преимущества переменного тока, особенно при больших мощностях энергетических систем.

Сравнивая составные элементы СЭЭС постоянного и переменного тока, необходимо отметить, что при использовании постоянного тока судовые электроприводы отличаются хорошими регулировочными и пусковыми характеристиками; электрораспределительные устройства – меньшими массой, габаритными размерами, стоимостью и объемом.

При использовании в СЭЭС переменного тока для электроприводов в основном применяются асинхронные короткозамкнутые двигатели, реже – асинхронные двигатели с фазным ротором и синхронные двигатели.

Асинхронные короткозамкнутые двигатели (благодаря отсутствию коллектора) обладают большей надежностью, меньшими на 30–40% массой и на 20–30% габаритными размерами, в 2–3 раза меньшей стоимостью, имеют более высокий КПД по сравнению с коллекторными двигателями и более низкий уровень шума.

Система управления асинхронным двигателем проще, а следовательно, он имеет большую надежность, меньшие габаритные размеры, массу и стоимость. Следует отметить сложность регулирования частоты вращения в широких пределах и значительные провалы напряжения при пуске мощных асинхронных короткозамкнутых двигателей.

Следует отметить, что СЭЭС переменного тока дают возможность:

- преобразовать напряжение с помощью трансформаторов;
- разделять на отдельные, электрически не связанные друг с другом части (силовую и осветительную сети);
- получать электроэнергию с берега без преобразователей;
- применять более высокое напряжение;

–повысить уровень унификации судового электрооборудования с электрооборудованием общего (берегового) применения.

Если приемники электроэнергии постоянного и переменного тока на судне сравнительно одинаковы и по важности, и по количеству (например, суда технического флота), вопрос о выборе рода тока решается рассмотрением вариантов с определением экономической эффективности, которая ожидается от их внедрения.

На некоторых судах применяются два рода тока, когда гребные электродвигатели питаются постоянным током, а остальные приемники – переменным.

Размещение СЭС может быть различным. При небольших мощностях СЭС источники, преобразователи и распределительные устройства станции размещают в машинном отделении. Иногда источники электрической энергии устанавливают в помещении, смежном с машинным отделением, а распределительное устройство – вблизи с постом управления главными двигателями. Конечно, наиболее удачным является размещение источников электроэнергии в отдельном помещении, а распределительного устройства – в центральном посту управления энергетической установкой.

Так как условия работы судового электрооборудования в целом отличаются от общепромышленных условий, то это определяет следующие к нему требования: судовое оборудование должно надежно работать при длительном крене до 15° и дифференте до 5° , бортовой качке с амплитудой до $22,5^\circ$ с периодом 7–9 с и килевой – до 10° от вертикали, повышенной влажности и температуре; при кренах, качках и дифферентах аппаратура не должна самопроизвольно включаться; подвижные контакты электрооборудования не должны изменять коммутационного положения при бортовой качке с амплитудой до 45° .

При этом судовые электрические станции должны обеспечивать возможность:

- раздельной и параллельной работы генераторных агрегатов, электрической защиты генераторов, ГРЩ и подсоединенных к ним кабельных линий при возникновении аварийных ситуаций;
- связи с береговыми электрическими системами и СЭЭС других судов;
- управления качеством распределения генерируемой электроэнергии;
- выполнения эксплуатационного наблюдения за элементами СЭС и проведения ремонтных работ.

Согласно правилам регистра, номинальные напряжения на выводах источников электроэнергии не должны превышать следующих значений: 0,4 кВ (400 В) – при трехфазной системе переменного тока; 0,230 кВ (230 В) – при однофазной системе переменного тока; 0,23 кВ (230 В) – при постоянном токе.

Для судов технического флота, а также для специальных судов допускается применение трехфазной системы напряжением до 10 кВ включительно.

Следует отметить, что напряжение до 1000 В практически не оказывает влияния на массу, габаритные размеры и стоимость электрических машин и трансформаторов. Масса, габаритные размеры и стоимость электрических аппаратов и кабельных линий электропередачи зависят от напряжения и тока, протекающего по ним, а следовательно, и электрораспределительные щиты, в которых устанавливаются электрические аппараты, будут иметь массу, габаритные размеры и стоимость, зависящие от напряжения и тока.

Однако следует помнить, что при малой мощности СЭЭС существенную роль начинают играть такие факторы, как механическая прочность жилы кабеля, дискретность стандартных значений сечений жил кабелей и т.д.

Важную роль при выборе значения напряжения судна имеет и напряжение береговых установок, особенно при постоянном питании с берега. Следует также помнить, что повышение напряжения СЭЭС всегда связано с увеличением вероятности поражения электрическим током, поэтому по мере роста напряжения СЭЭС должна повышаться эффективность мероприятий по обеспечению безопасности обслуживания.

Сети освещения необходимо отделять от силовых сетей.

Основной частотой переменного тока как на судах, так и в береговых электроустановках принята частота 50 Гц.

На современных судах имеется группа приемников, частота тока которых равна 400–500 Гц (радиолокационное, навигационное и другое оборудование). Их питание осуществляется от судовой сети с частотой 50 Гц через преобразователи, вращающиеся и статические, количество которых на крупных судах может быть значительным. Для таких приемников иногда целесообразно иметь систему централизованного снабжения электроэнергией переменного тока частотой 400–500 Гц.

Исследования показали, что увеличение частоты питающего тока приводит к снижению массы и габаритных размеров у вращающихся машин, трансформаторов, магнитных усилителей, конденсаторов, элементов электроавтоматики. Однако масса и габаритные размеры коммутационных аппаратов при повышении частоты тока увеличиваются из-за ухудшения условий дугогашения, а в связи с этим из-за повышения тепловыделений в шинпроводах увеличиваются масса и габаритные размеры электрораспределительных устройств.

Повышение частоты отрицательно сказывается на массе и габаритных размерах электрических кабелей, так как увеличение частоты приводит к увеличению потерь энергии и электрического сопротивления кабелей.

Качества электрической энергии это совокупность свойств электрической энергии, определяющих ее пригодность для судовых электроприемников. К показателям качества в установившихся режимах относят:

- длительное отклонение напряжения в данной точке системы по отношению к номинальному значению, %:

$$\Delta U = \frac{100(U - U_{nom})}{U_{nom}} \%;$$

- длительное отклонение частоты тока по отношению к номинальному значению, %

$$\Delta f_q = \frac{(f - f_{nom}) \cdot 100}{f_{nom}} \%;$$

- коэффициент несимметрии напряжения основной частоты в трехфазной системе, %

$$K_{несим} = \frac{(U_{max} - U_{min}) \cdot 100}{U_{nom}} \%,$$

где U_{max} , U_{min} – максимальное и минимальное значения линейного напряжения;

- коэффициент амплитудной низкочастотной модуляции напряжения переменного тока, %

$$k_{мод} = \frac{\Delta U_{мод}}{U_n} 100,$$

где $\Delta U_{мод}$ – амплитуда огибающей модулированного напряжения;

- модуляцию напряжения, которая может характеризоваться частотой модуляции,

$$f_{мод} = 1/T_{мод},$$

где $T_{мод}$ – период огибающей модулированного напряжения;

- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, %

$$K = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^m U_n^2}}{U_1} 100\%,$$

где $\sum_{n=2}^m U_n^2$ – сумма квадратов действующих значений высших гармонических составляющих U_n данной периодической кривой;

U_1 – действующее значение основной гармонической составляющей данной гармонической кривой, В;

- коэффициенты пульсации напряжения постоянного тока, %:

$$k_{\text{пульс}} = \frac{U_{\mu}}{U_{\text{ср}}} 100\%,$$

где U_{μ} – амплитуда низшей гармоники переменной составляющей выпрямленного напряжения;

$U_{\text{ср}}$ – среднее значение выпрямленного напряжения;

Для единообразия оценки пульсации напряжения при различных его средних значениях допускается величину $U_{\text{ср}}$ заменять $U_{\text{ном}}$, а величину $U_{\text{max}} + U_{\text{min}}$ – на величину $2U_{\text{ном}}$.

К показателям качества электроэнергии в переходных процессах СЭЭС относят: кратковременные отклонения напряжения, кратковременные отклонения частоты.

Следует отметить, что в последние двадцать лет в судостроении происходили быстрые и радикальные изменения, связанные с совершенствованием и применением гребных электрических установок. В эти годы для управления гребными двигателями переменного тока были разработаны преобразователи частоты большой мощности, созданы винторулевые колонки, современные гребные установки. Эти достижения намного повысили качественные характеристики гребных установок и позволили им потеснить пропульсивные комплексы с тепловыми двигателями, работающими непосредственно на гребной винт. По сравнению с другими видами пропульсивных комплексов современных гребных электроустановок обладают рядом преимуществ:

- повышение надежности судовой электроэнергетической установки и пропульсивного комплекса;
- улучшение маневренности судна;
- повышение КПД энергетической установки в долевых режимах;
- низкие уровни шума и вибрации;
- снижение эксплуатационных расходов;
- уменьшение сроков ремонтных работ;
- возможность более рационального размещения оборудования на судне.

Уникальные свойства современных гребных установок позволили в течение очень короткого времени найти применение на судах практически всех видов: круизных лайнерах, паромах, контейнеровозах, танкерах, рыбопромысловых, буксирах, судах снабжения и т.д.

ЭЭС современных судов с электродвижением строятся как единые системы, обеспечивающие питанием и многочисленные общесудовые потребители. От структуры и параметров СЭЭС зависят стоимость проектирования и постройки судов, работоспособность электрооборудования и систем автоматики, коммерческие показатели судов при эксплуатации, в том числе расход топлива, безопасность плавания судна и условия работы экипажа.

Отметим, что серьезной проблемой при создании СЭЭС является обеспечение электромагнитной совместимости общесудовых потребителей и гребных установок, которая для судовой электростанции является нелинейной нагрузкой. По требованию морского регистра судоходства [2] в полностью укомплектованной судовой электроэнергетической системе коэффициент несинусоидальной кривой напряжения не должно превышать 10%.

Судостроительные организации применяют структуру СЭЭС с трансформаторами в составе ГЭУ. В таких установках проблема электромагнитной совместимости достаточно успешно решена.

При создании современных СЭЭС с полным электродвижением необходимо генерация и преобразования электрической энергии для мощных потребителей с использованием современных полупроводниковых преобразователей и обеспечения их надежной работы. Вместо существующий ранее так называемой интерференции гармонического состава напряжения в современных СЭЭС гармонический состав напряжения в электрической ветвь суммируется. Это является основным отличием поставленной задачи от многочисленных работ по улучшению гармонического состава в «большой» и автономной энергетике.

Для создания СЭЭС необходим системный подход с учетом требований нормативных документов. В соответствии с ними вступают в действие кроме ограничения по качеству электроэнергии и другие требования (надежность, массогабаритные показатели, электромагнитная совместимость, тепловые потери и др.) При этом необходимо использовать несколько признаков.

На СЭЭС желательно добиваться минимального гармонического состава за счет относительно низкочастотных способов преобразования электроэнергии (использование диодных мостов выпрямления, широтно-импульсной модуляции (ШИМ) для систем управления, многоуровневых инверторов, расщепления обмоток и др.). В последнюю очередь необходимо использовать различные фильтры, в том числе и активные.

Обычно на гармонический состав тока и напряжения в СЭЭС влияют следующие факторы:

- параметры генератора;
- мощность эквивалентной асинхронной нагрузки;
- наличие традиционных фильтров и фильтрокомпенсирующих устройств и их параметры;
- использование активных фильтров;
- использование в статических полупроводниковых преобразователях (СПП) широтно-импульсной модуляции;
- использование многоуровневых инверторов;
- фазность системы электродвижения
- тип электродвигателя системы электродвижения (синхронный, асинхронный, вентильный)

Анализируя опыт проектирования и эксплуатации СЭЭС, можно сказать общесудовые потребители в зависимости от режима работы потребляют от 10 до 20% мощности. Однако использование мощных статических преобразователей в системе электродвижения других потребителей заставляет по новому формировать выходное напряжение при обеспечении качества электроэнергии.

Отметим, что статические преобразователи генерируют в сеть высшие гармоники. Общеизвестны их негативные последствия: снижение КПД и моментов электродвигателей, повышенный нагрев элементов системы, сбои в системах управления, связи и др. Если рассматривать типовую структурную схему (рис. 1), то видно, что необходимо обеспечивать синусоидальность токов и напряжений как на главном распределительном щите (ГРЩ), так в подсистеме электродвижения.

Основным параметром, влияющим на гармонический состав напряжения на ГРЩ, для типовых генераторов является сверхпереходное индуктивное сопротивление $-x_d''$. Уменьшение этого сопротивления приближает реальный источник электроэнергии к источнику бесконечной мощности. Применительно к судовым генераторам сопротивление x_d'' меняется от 0,11 до 0,32 о.е.

На судах часто устанавливаются приемники, требующие для своей работы электрическую энергию с параметрами, отличными от тех, с которыми вырабатывают ее источники.

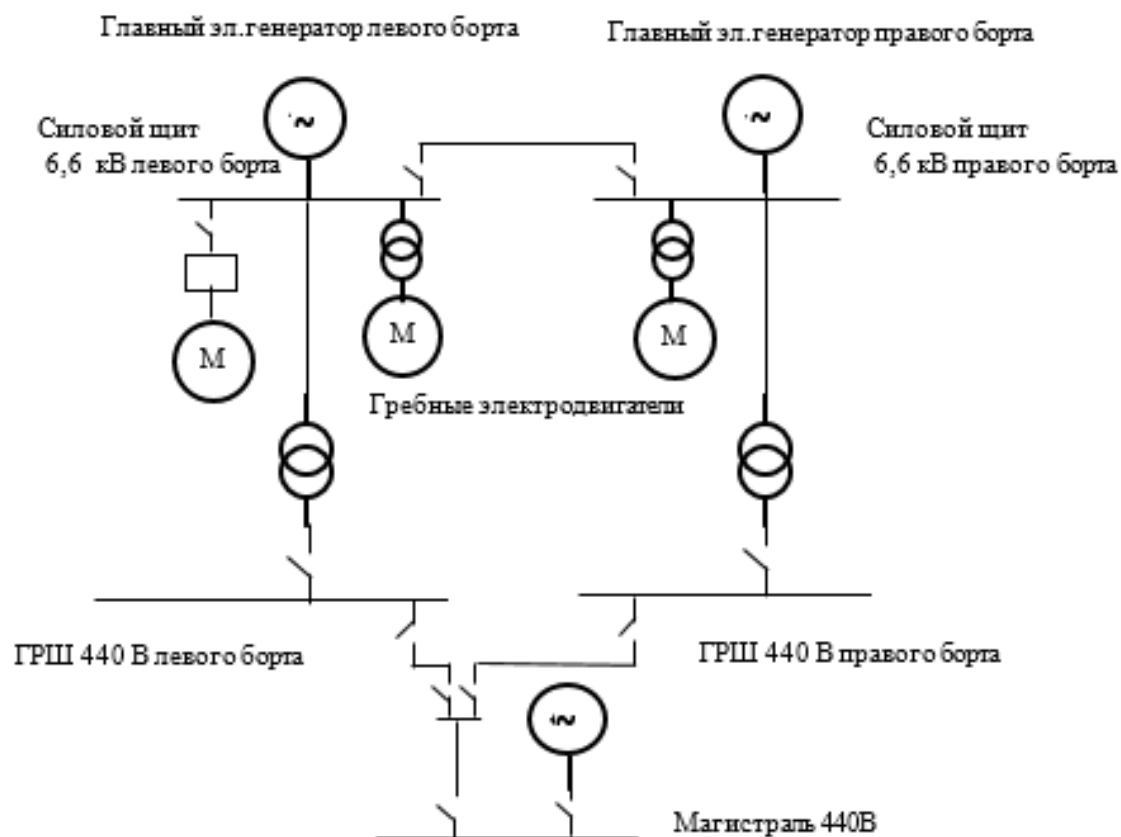


Рисунок 1 – Структурная схема СЭЭС

Например, на судне в качестве источников установлены трехфазные генераторы напряжением 400 В, а для приемника – электрического освещения – требуется напряжение 220 В. На небольших судах установлен источник – генератор постоянного тока 27 В, а приемник – холодильник, работающий от сети переменного тока 220 В. В этих случаях для питания указанных приемников требуется установка соответствующих преобразователей. Проще всего выполнить такие преобразователи в виде двухмашинного агрегата, где одна машина – двигатель – должна быть рассчитана на электроэнергию с параметрами источника, а другая – генератор – должна вырабатывать электроэнергию с параметрами, которые необходимы для работы этих приемников.

Однако вращающиеся преобразователи обладают рядом недостатков, которые присущи всем вращающимся машинам, например, наличием скользящих контактов, подшипников, поэтому часто оказывается целесообразным использование статических преобразователей, в которых нет частей, перемещающихся одна относительно другой.

В судовых электростанциях для преобразования электрической энергии обычно используются трансформаторы, выпрямители и инверторы. Другие преобразователи, например преобразователи частоты, чаще используются для отдельных электроприводов.

На небольших судах, на которых источником электрической энергии является только генератор, навешенный на главный двигатель и вырабатывающий электрическую энергию только во время работы главного двигателя, для снабжения электроэнергией всех приемников во время его стоянки необходима установка какого-либо накопителя энергии. Этот накопитель при работе генератора работает как приемник и накапливает энергию, а при стоянке генератора переходит в режим источника и отдает энергию в судовую сеть.

Многочисленные расчеты и мониторинг - непрерывный процесс наблюдения и регистрации параметров объекта, в сравнении с заданными критериями позволяют отметить, что в заданном диапазоне рассматриваемых мощностей и при заданных параметрах фильтров

коэффициент модуляции инвертора влияет на качество электроэнергии в системе электродвижения (СЭД), причем увеличение коэффициента модуляции (K_t) управления инвертором улучшает гармонический состав СЭД, однако это сказывается на уровне напряжения инвертора [1].

Для повышения показателей КЭЭ предлагается применение современных FACTS- (Flexible AC Transmission System) - гибкие управляемые системы переменного тока, для регулирования реактивной мощности и напряжения в судовой ЭЭС и снижения гармоник тока и напряжения, а также колебания напряжения при резких нагрузках.

К устройствам FACTS относятся устройств: продольной компенсации как традиционного типа, так и регулируемые тиристорно-реакторные группы, статические тиристорные компенсаторы; вставки постоянного тока; электромеханические преобразователи частоты. Если к этому классу устройств отнести управляемые реакторы и СК, то под FACTS следует отметить, что применение гибких передающих систем переменного тока повышает качества электрической энергии [3].

Совокупность устройств, устанавливаемых в судовой электрической сети и предназначенных для стабилизации напряжения, повышения устойчивости, оптимизации потоков распределения, снижения потерь, улучшает качества электрической энергии.

Установка быстродействующих STATCOM на шинах ВН (напряжением 6 кВ) и НН (440 В). Такое распределение STATCOM позволяет улучшить показатели качества электрической энергии на СЭЭС [4]. На рис.2 приведено схематическое представление СТАТКОМ

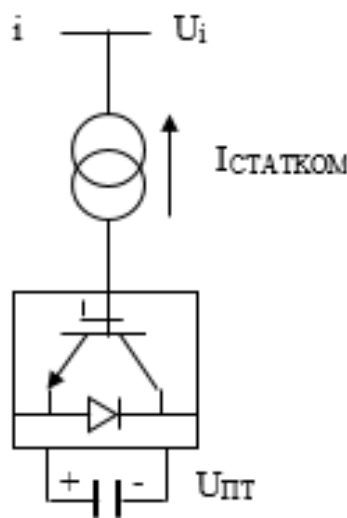


Рисунок 2 – Схематическое представление СТАТКОМ

Выводы. 1. Для повышения показателей КЭЭ предлагается применение современных FACTS для регулирования напряжения и реактивной мощности в судовой ЭЭС.

2. Используя активные фильтры для снижения гармоник напряжения возможно достичь нормально допустимые значения ПКЭЭ.

3. Применение быстродействующих СТАТОМ позволяет снижение колебаний напряжения при пусках асинхронных двигателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сеньюв А.А., Дмитриев Б.Ф., Калмыков А.Н., Токарев Л.Н. Судовые единые электроэнергетические системы // *Электротехника*. 2017. № 5.240 с.

2. Правила классификации и постройки морских судов. Российский морской регистр судоходства. Т. 2. Санкт-Петербург, 2015. 300 с.
3. Баламетов А.Б., Халилов Э.Д. Применение гибких передающих систем переменного тока как эффективный способ решения проблем в ЭЭС. *Проблемы энергетики*. 2010. № 4. С. 20-28.
4. Баламетов А.Б., Халилов Э.Д., Исаева Т.М. Экспериментальные исследования влияния резкопеременной нагрузки на качество электроэнергии на высоковольтной подстанции. *Промышленная Энергетика*. 2008. №5. С.50-53.

Salimova A.K., Ismailov S.C.

METHODS INCREASED QUALITY ELECTRIC ENERGY IN SHIP ELECTRIC ENERGY SYSTEMS

The article proposes ways to improve the quality of electrical energy on ships. The ship electric power system must ensure reliable operation of ship systems, navigation safety, living and working conditions of the crew, economical generation and distribution of electricity of the required quality, as well as an optimal combination of the cost of its installation and operation with satisfactory weight and dimensions indicators the entire system as a whole. Technical and economic indicators of the SEES are determined, first of all, by the rational choice of the type of current, frequency and voltage in the system, which are the main parameters of the SEE.

Keywords: ship power system, quality of electric energy, voltage stabilization.

Салимова А.К., Ісмаїлов С.С.

МЕТОДИ ПОВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В СУДОВИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

У статті пропонується способи поліпшення якості електричної енергії на судах. Судова електроенергетична система повинна забезпечувати надійне функціонування судових систем, безпеку плавання, умови життя і роботи екіпажу, економічне генерування і розподіл електроенергії необхідної якості, а також мати оптимальне поєднання вартості її монтажу і експлуатації при удов-летворительних масогабаритних показниках, як окремих елементів, так і всієї системи в цілому. Техніко-економічні показники СЕЕС визначаються, в першу чергу, раціональним вибором роду струму, частоти і величини напруги в системі, які є основними параметрами СЕЕС.

Ключові слова: суднова електроенергетична система, якість електричної енергії, стабілізації напруги.

АВТОРИ ВИПУСКУ

Абдуллаев Абдулла	—	асистент, Азербайджанская государственная морская академия, Баку
Алейніков Владислав Михайлович	—	аспірант ДУІТ
Алєйніков Михайло Владиславович	—	аспірант ДУІТ
Алиев Айдын	—	кандидат технических наук, доцент, Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку
Аллахвердиева Айнура	—	докторант, Азербайджанская государственная морская академия, Баку
Андрєєва Олена Дмитрівна	—	студентка магістратури ДУІТ
Бадаєв Юрій Іванович	—	доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації проектування енергетичних процесів та систем Національного технічного університету України «КПІ»
Байрамова Ильхама	—	асистент, Азербайджанская государственная морская академия, Баку
Безверхий Олександр Ігорович	—	доктор технічних наук, професор, професор кафедри транспортних технологій Національного транспортного університету
Беник Наталія Григорівна	—	кандидат економічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної економіки ДУІТ
Варикаша Олена Сергіївна	—	кандидат технічних наук, старший викладач кафедри бізнес-логістики та транспортних технологій на ВТ ДУІТ
Вільдяєва Любов Миколаївна	—	старший викладач кафедри суднових енергетичних установок, допоміжних механізмів та їх експлуатації ДУІТ
Ганиев Азер	—	оператор Служби управління рухом суден, Азербайджанська Державна Морська Академія
Ганношина Ірина Миколаївна	—	старший викладач кафедри технічних систем та процесів управління в судноводінні ДУІТ
Джалилов Турьян	—	ассистент, Азербайджанская государственная морская академия, Баку
Доронін Володимир Васильович	—	кандидат технічних наук, доцент кафедри технічних систем і процесів управління в судноводінні, ДУІТ
Исмаилов Сахиб Союн	—	докторант, ст. викладач, Азербайджанська Державна Морська Академія

Исмаилова Симузер	–	Доктор философии по технике, доцент, Азербайджанская государственная морская академия, Баку
Ковбатюк Марина Володимирівна	–	кандидат економічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної та прикладної економіки ДУІТ
Костенко Анастасія Михайлівна	–	кандидат філософських наук, викладач кафедри соціальної філософії та філософії освіти, Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова
Кривошей Фелікс Олександрович	–	доктор технічних наук, в.о. завідувача кафедри суднових енергетичних установок, допоміжних механізмів та їх експлуатації ДУІТ
Кузьменко Оксана Михайлівна	–	кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри теоретичної та прикладної економіки ДУІТ
Лагодіна Людмила Петрівна	–	кандидат технічних наук, старший викладач кафедри інформаційних технологій ДУІТ
Левченко Володимир Володимирович	–	кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформаційних технологій ДУІТ
Майборода Олександр Миколайович	–	доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри судноводіння та керування судном ДУІТ
Майкова Еліна Вільгельмівна	–	кандидат економічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної економіки ДУІТ
Макаров Олександр Михайлович	–	старший викладач кафедри суднових енергетичних установок, допоміжних механізмів та їх експлуатації ДУІТ
Макієвський Олексій Іванович	–	заступник директора транспортного коледжу
Малишкін Олександр Іванович	–	доктор економічних наук, професор кафедри обліку і оподаткування ДУІТ
Мамедов Эмиль	–	старший преподаватель, Азербайджанская государственная морская академия, Баку
Маммедова Фахранда	–	асистент, Азербайджанская государственная морская академия, Баку
Мехтиев Гамлет Абдул	–	кандидат технічних наук, доцент, Азербайджанська Державна Морська Академія
Момот Анна Василівна	–	старший викладач кафедри англійської мови за професійним спрямуванням ДУІТ
Момот Віктор Михайлович	–	кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри гуманітарних дисциплін ДУІТ
Овчарук Ірина Вікторівна	–	кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук Київського національного університету культури і мистецтв

Панін Владислав Вадимович	—	доктор технічних, професор, ректор ДУІТ
Петренко Ольга Іванівна	—	кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри бізнес-логістики та транспортних технологій на ВТ ДУІТ
Пристінська Анастасія Андріївна	—	бакалавр кафедри комп'ютерних наук Київського національного університету культури і мистецтв
Салимова Афаг	—	доктор філософії по техніке, доцент, Азербайджанский научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт энергетики, Баку
Стрілок Іванна Іванівна	—	кандидат економічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної економіки ДУІТ
Султанов Эльшан	—	доктор філософії по техніке, доцент, Азербайджанская государственная морская академия, Баку
Сушко Володимир Григорович	—	доцент кафедри судноводіння та керування судном ДУІТ
Сьомін Олексій Анатолійович	—	кандидат технічних наук, доцент кафедри судноводіння та керування суднами, декана ФЕТС ДУІТ
Ткаченко Неоніла Єрмолаївна	—	кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник Інституту механіки НАНУ ім. С.П. Тимошенка
Ткаченко Олександр Андрійович	—	кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій ДУІТ
Ткаченко Ольга Іванівна	—	кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформаційних технологій ДУІТ
Фархадов Вахид	—	кандидат технических наук, доцент, Азербайджанский технический университет, Баку
Шевчук Владислава Олегівна	—	кандидат економічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної економіки ДУІТ
Шидула Олена Миколаївна	—	доктор фізико-математичних наук, професор, в.о. завідувача кафедрою ДУІТ
Эфендиев Орхан	—	доктор технических наук, профессор, Азербайджанский технический университет, Баку

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ У ЗБІРНИКУ «ВОДНИЙ ТРАНСПОРТ»

1. До друку у збірнику наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій «Водний транспорт» приймаються лише наукові статті, які мають такі необхідні елементи: **постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.**

2. Стаття має відповідати тематичному спрямуванню журналу і бути завізована власноручно підписом автора. Відповідальність за матеріали, наведені у статті, несе автор.

Разом з текстом статті і електронним носієм із записаним текстом до редколегії надаються:

- рецензія на статтю доктора наук (професора);
- довідка про авторів (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання, почесне звання, місце роботи, посада, номер контактного телефону, обліковий запис автора ORCID, поштова адреса).

3. Матеріал треба викладати стисло, послідовно, стилістично грамотно. Терміни та позначення повинні відповідати чинним стандартам. Не допускаються повтори, а також зайві подробиці при переказі раніше опублікованих відомостей – замість цього подаються посилання на літературні джерела. Одиниці вимірювання слід подавати лише за міжнародною системою одиниць SI чи в одиницях, допущених до застосування в Україні згідно з вимогами чинних державних стандартів.

4. До рукопису додається анотація трьома мовами (**українська, російська, англійська**), в якій має бути чітко сформульована головна ідея статті та коротко обґрунтована її актуальність (**обсяг не менш 1800 знаків**), а також ключові слова (трьома мовами, 5-10 слів).

5. Цитати, таблиці, статистичні дані, цифрові показники, що підвищують рівень аналітичних матеріалів, подаються з посиланням на джерела. Таблиці мають бути пронумеровані й мати заголовки.

6. Текстові матеріали готуються та друкуються на аркушах білого одностороннього паперу з використанням комп'ютерних текстових редакторів MS Word для Windows 98/2000/XP (формат A4), для набору формул використовують вбудовані редактори рівнянь, табличні матеріали можуть готуватись з використанням електронних таблиць (MS Excel). При цьому має застосовуватись шрифт Times New Roman.

7. Матеріали набирають та розміщують у послідовності: УДК – 12 пунктів, курсив (УДК повинно бути обов'язково). Розміщують зліва на сторінці; автори – 12 пунктів, напівжирний курсив. Розміщують зліва на сторінці; **НАЗВА СТАТТІ** – прописні літери, 12 пунктів, напівжирний. Розміщують посередині сторінки; анотація – 12 пунктів, курсив; основний текст – 12 пунктів, звичайний; **ЛІТЕРАТУРА** – 12 пунктів, напівжирний

8. Текст, формули, таблиці, рисунки, діаграми, схеми розміщуються на сторінці в одній колонці. Відступ першого рядка абзацу – 10 мм, інтервал між рядками – одинарний. Інтервали між елементами матеріалу такі: УДК – автори – 2; автори – назва статті – 2; назва статті – анотація – 2; анотація – основний текст – 1;

основний текст – назва таблиці (верхній край рисунка, схеми, діаграми) – 1; назва таблиці – її верхній край (нижній край рисунка, діаграми, схеми – їхні назви) – 1; нижній край таблиці (назва рисунка, діаграми, схеми) – основний текст – 1; основний текст – **ЛІТЕРАТУРА** – 1; **ЛІТЕРАТУРА** – список літератури – 1.

Усі рисунки, таблиці, діаграми повинні мати назви та номери. Слова Рисунок, Таблиця, Діаграма, Схема та їхні номери набираються звичайним шрифтом, 12 пунктів, назви таблиць

розміщуються над таблицями, а рисунків, діаграм, схем – під ними. Відривати назви від зазначених елементів забороняється.

Від рисунка до підпису і від підпису до наступного тексту потрібно відступити один інтервал. Посилання в тексті на таблиці або на рисунки даються у скороченому вигляді звичайним шрифтом: «табл. 1» або «рис.1».

Якщо таблиця не вміщається на одній сторінці, всі її колонки нумерують, а над перенесеною частиною таблиці справа надписують: «Продовження табл. 1» або «Закінчення табл. 1».

9. Графічні файли з формулами, графіками, рисунками, схемами та фотографіями повинні бути розташовані в тексті в таблиці MS Word. Номер формули проставляється справа в кінці рядка, в круглих дужках, не виходячи на поле. Формули розташовуються на сторінці по центру. Між ними та текстом витримується інтервал в один рядок.

Вводяться вони в графічному редакторі Microsoft Equation 3.0 для MS Word. Латинські літери та позначення величин (символи) набирають курсивом, українські та російські літери – тільки прямим шрифтом.

10. Список використаної літератури складається двома мовами та повинен включати **не менш 10 джерел кожний**. Перший (мовою оригінала джерела) відповідно до ДСТУ 7.1:2006, ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання: загальні положення та правила складання». Другий (References) латиницею (транслітерацією) з обов'язковим перекладом назви джерела на англійську мову.

Наукове видання

ВОДНИЙ ТРАНСПОРТ

Збірник наукових праць

Випуск 1(28)

Відповідальний за випуск *Богом'я В.І.*

Підп. до друку 02.04.19. Формат 60x84/8. Папір для тиражувальних апаратів.
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 23,5. Наклад 100 прим.
Зам. № 431. Віддруковано з оригіналів.

Державний університет інфраструктури та технологій

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
(серія КВ № 23216-13056ПР від 23.02.2018 р.)
вул. Кирилівська, 9, м. Київ, 04071, Україна
тел./факс: (044) 463-74-70, тел. (044) 417-17-57
E-mail: duit@duit.edu.ua