

Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції

Материалы III Международной научно-практической конференции

Materials of the 3<sup>rd</sup> international scientific and practical conference

---

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И  
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ**

**MODERN INFORMATION AND INNOVATION  
TECHNOLOGIES IN TRANSPORT**

**MINTT-2011**

Збірка наукових праць у двох томах

**Том 1**

**Volume 1**

23-25 травня 2011 року  
Херсон, Україна

23-25 мая 2011 года  
Херсон, Украина

May 23-25, 2011  
Kherson, Ukraine

**Організатори конференції:**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ВНЗ «ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МОРСЬКИЙ ІНСТИТУТ»  
ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КПІ»  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
СЕВАСТОПОЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ НАН БІЛОРУСІ  
БРЕМЕНСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИКЛАДНИХ НАУК  
НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ «ЦИКЛОН»  
СПІЛЬНЕ РОСІЙСЬКО-МОЛДАВСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО ЗАВОД «ТОПАЗ»  
КРЮІНГОВА КОМПАНІЯ «MARLOW NAVIGATION»

**Програмний комітет:**

Беккер Хайнц Р. – проф. (Німеччина)  
Бідюк П.І. – д.т.н., проф. (Україна)  
Блінцов В.С. – д.т.н., проф. (Україна)  
Букетов А.В. – д.т.н., проф. (Україна)  
Івановський В.Г. – д.т.н., проф. (Україна)  
Казак В.М. – д.т.н., проф. (Україна)  
Кондратенко Ю.П. – д.т.н., проф. (Україна)  
Кривонос Ю.І. – д.т.н., проф. (Білорусь)  
Леонов В.Є. – д.т.н., проф. (Україна)  
Малигін Б.В. – д.т.н., проф. (Україна)  
Мальцев А.С. – д.т.н., проф. (Україна)  
Рябінін Л.І. – д.т.н., проф. (Росія)  
Соколова Н.А. – д.т.н., проф. (Україна)  
Тигеняну І.А. – д.т.н., проф. (Молдова)  
Федоровський К.Ю. – д.т.н., проф. (Україна)  
Харченко В.П. – д.т.н., проф. (Україна)  
Ходаков В.Є. – д.т.н., проф. (Україна)  
Цимбал М.М. – д.т.н., проф. (Україна)

**Організаційний комітет:**

|                    |  |
|--------------------|--|
| голова             | Ходаковський Володимир Федорович – ректор ВНЗ «ХДМІ».                            |
| заступник голови   | Бень Андрій Павлович – проректор з науково-педагогічної роботи.                  |
| вчений секретар    | Блах Ігор Володимирович – начальник відділу інноваційних технологій.             |
| технічний секретар | Клементьєва Оксана Юріївна – провідний фахівець відділу інноваційних технологій. |

Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2011):  
Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. У 2-х тт. Т. 1. – Херсон:  
Видавництво Херсонського державного морського інституту, 2011. – 306 с.

У збірнику представлено матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», яка відбулася у м. Херсоні 23-25 травня 2011 р. і була присвячена актуальним питанням застосування сучасних інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі.

Матеріали збірки розраховані на викладачів та студентів вищих навчальних закладів, фахівців науково-дослідних установ та підприємств.

## ПЕРЕДМОВА

Шановні колеги!

Ви тримаєте в руках збірку наукових праць Третьої Міжнародної науково-практичної конференції „Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2011)”, метою якої є аналіз та узагальнення нових теоретичних і прикладних результатів щодо застосування сучасних інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі. Конференція проходить у місті Херсоні, що розташоване на мальовничих берегах річки Дніпро, на базі старішого морського навчального закладу нашої держави – Херсонського державного морського інституту. В організації та роботі конференції беруть участь провідні науково-дослідні та навчальні заклади України, Росії, Білорусі, Молдови та зарубіжжя.

Основним завданням конференції є обговорення широкого кола нових наукових і практичних результатів застосування сучасних інформаційних технологій на транспорті; обмін ідеями та пошук нових пріоритетних напрямків наукових досліджень; встановлення та розвиток нових контактів у сфері наукового співробітництва між навчальними закладами, науковими установами та підприємствами України та зарубіжжя. Одна з особливостей конференції – залучення молодих науковців до розробки найбільш актуальних напрямків наукових досліджень у транспортній галузі.

Програмою конференції передбачено проведення пленарного засідання та робота фахівців у секціях: *інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень, системний аналіз та математичне моделювання складних об'єктів, контроль, діагностика і прийняття рішень при управлінні рухомими об'єктами, інтегровані комплекси транспортних засобів, тренажерні системи та людський фактор на транспорті, проблеми надійності та енергозбереження, захист довкілля, екологічна безпека та ресурсозберігаючі технології.*

Для зручності наукові праці конференції розміщено у двох томах. До *першого тому* увійшли праці, присвячені проблемам розробки та функціонування інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, системного аналізу і математичного моделювання складних об'єктів та контролю, діагностики і прийняття рішень при управлінні рухомими об'єктами. У *другому томі* представлено матеріали, в яких розглядаються питання розробки та впровадження інтегрованих комплексів транспортних засобів, тренажерних систем; людський фактор на транспорті, а також матеріали щодо проблем надійності, енергозбереження, захисту довкілля та екологічної безпеки.

Ми впевнені, що досить широка проблематика наукових праць конференції буде сприяти не тільки плідному аналізу та обговоренню вищезазначених питань, а й обміну ідеями та думками, пошуку пріоритетних напрямків наукових досліджень, встановленню нових контактів у сфері наукового співробітництва фахівців галузі, залученню молодих науковців до участі у вивченні найбільш актуальних напрямків досліджень у транспортній галузі.

Організатори щиро дякують усім учасникам конференції та сподіваються, що MINTT-2011 стала добрим продовженням зустрічей та спілкування, початок яких покладено на попередніх конференціях. Ми маємо надію, що традиції, започатковані конференцією, та дана збірка наукових праць стануть корисними не тільки для її учасників, а й для широкого кола науковців, фахівців, молодих учених, які займаються теоретичними та прикладними дослідженнями інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі.

Висловлюємо свою подяку всім авторам доповідей за порозуміння та співпрацю з організаторами.

Бажаємо всім нових наукових ідей та досягнень, плідної роботи, нових відкриттів.

З повагою, Організаційний та Програмний комітети.

**СЕКЦІЯ 1:**

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

## ОСОБЕННОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА ПРЕДПРИЯТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ

Ажищев В.Ф., Кошкин К.В., Мандра А.В.

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова  
(Николаев, Украина)

**Введение.** В настоящее время большинство предприятий не уделяют должного внимания развитию, эффективному функционированию и финансированию собственного информационного ресурса, при этом терпят убытки, зачастую не понимая, в чем именно проблема. Информационный ресурс предприятия представляет собой совокупность аппаратных и программных средств, процессов и механизмов, объединенных в единую информационную систему предприятия, а также отношения между факторами внутри данной ИС.

**Актуальность исследования.** В современных условиях многие проблемы бизнеса могут быть решены с помощью информационных технологий. Вместе с тем на предприятии, как правило, существует ряд проблем, связанных в основном с отсутствием единой корпоративной политики в области информационных технологий (ИТ), эффективном использовании и последующей модернизации информационного ресурса, и стратегии создания корпоративной информационно-управляющей системы (КИУС) предприятия в целом. Под ИТ-стратегией следует понимать формализованную систему подходов, принципов и методов, на основе которых будут развиваться все компоненты КИУС.

**Постановка задачи в общем виде.** С учетом большого количества происходящих с ИС процессов, присутствием недостаточной количественной информации и изменчивостью происходящих процессов во времени при совершенствовании и реструктуризации ИС их можно рассматривать как слабоструктурированные системы.

Для возможности управления такими системами в настоящее время широко применяется методология когнитивного моделирования, которая позволяет учитывать опыт, знания и интуицию соответствующих экспертов при принятии решений [1, 2, 3, 4, 5, 6].

На основе анализа мнений группы экспертов и лица, принимающего решение, строится когнитивная карта, представляющая собой взвешенный граф, вершинами которого служат основные факторы (концепты), дуги – влияние факторов друг на друга.

Исследования эффективного управления и путей возможного совершенствования ИС как неотъемлемой составляющей информационного ресурса не позволяют в связи со сложностью представления взаимодействия различных факторов осуществлять динамический анализ ситуации и вносить соответствующие решения.

**Целью работы** является разработка когнитивных моделей и механизмов исследования возможных направлений по повышению эффективности управления информационным ресурсом при неблагоприятных условиях (в условиях ограниченного финансирования, неэффективном использовании имеющихся программных и аппаратных средств).

**Результаты исследования.** Факторами (концептами) предлагаемой когнитивной модели являются:

$x_1$  – надежность (способность функционирования при любых, даже самых неблагоприятных, состояниях);

$x_2$  – производительность (скорость выполнения операций);

$x_3$  – эффективность (превышение доходов над затратами);

$x_4$  – экономичность (выполнение заданных функций с наименьшими затратами);

$x_5$  – квалифікація персонала (рівень знань);

$x_6$  – кількість рівней управління;

$x_7$  – совершенствование (способность системы к изменениям, улучшающим ее показатели);

$x_8$  – поддержка ресурса системы (различные уровни обслуживания системы в процессе эксплуатации);

$x_9$  – возможность проведения мониторинга рисков и тестирования (обеспечение контроля над правильным функционированием системы);

$x_{10}$  – численность персонала;

$x_{11}$  – качество функционирования ресурса.

Когнитивная карта позволяет выявить процесс влияния факторов ресурса друг на друга, а динамику изменения – когнитивная модель, которая будет являться функциональным графом, в котором концепты  $x_1 - x_{11}$  являются базисными факторами, а дуги представляют собой функциональную зависимость между соответствующими базисными концептами.

В когнитивной модели параметров и факторов ресурса выделены целевые факторы:  $x_5$  – квалифікація персонала и  $x_6$  – количество уровней управления.

При улучшении показателя  $x_5$  повышается  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_7, x_8, x_9, x_{11}$  и уменьшается  $x_{10}$ . При уменьшении фактора  $x_6$  – уровни управления, улучшаются  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_7, x_8, x_9, x_{11}$  и уменьшается  $x_{10}$ . В предлагаемой модели кроме целевых факторов присутствуют и ключевые концепты  $x_3$  и  $x_{11}$ , которые не затрагивают другие параметры ресурса и изменяются сами.

|    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| 1  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 2  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 3  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 4  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 5  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 6  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 7  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 8  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 9  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 10 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 11 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |

Рисунок 1 – Когнитивная карта параметров и факторов информационного ресурса

Взаимодействие и влияние остальных факторов друг на друга приведено в когнитивной карте (рисунок 1) и когнитивной модели (рисунок 2).

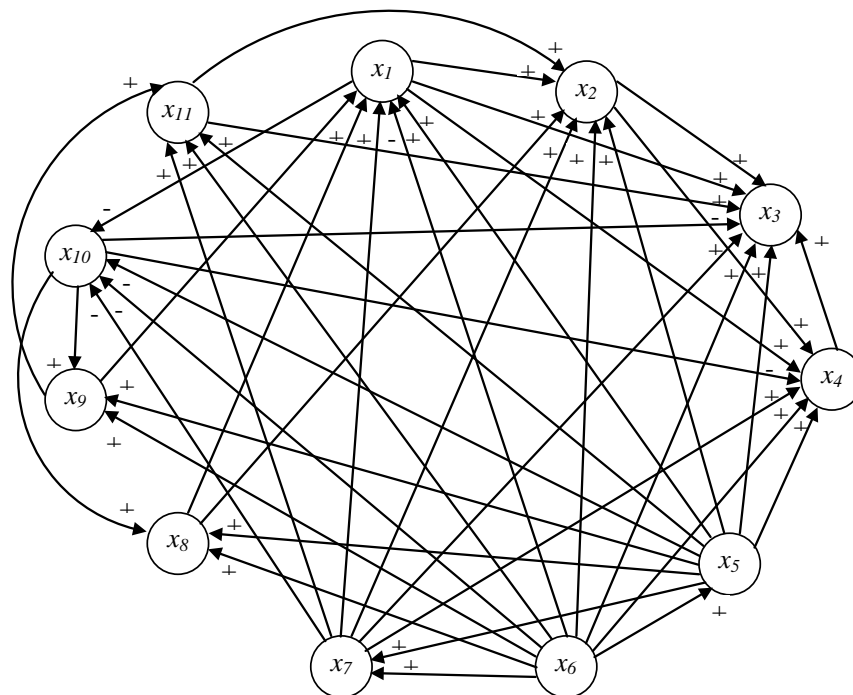


Рисунок 2 – Когнитивная модель параметров и факторов информационного ресурса

**Выводы.** Установлена взаимосвязь основных параметров информационного ресурса в составе ИС, влияющих на качество и эффективность ее функционирования, на основе когнитивного моделирования. Предложена модель оценки влияния некоторых факторов на эффективность информационного ресурса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абызова Е.В. Методика формирования организационной структуры системы управления Краснодарским красным союзом потребительских обществ и ее когнитивное моделирование // Научный электронный журнал КубГАУ. – Краснодар, 2005. – 04 (12).
2. Информационные технологии и управление предприятием / В.В. Баронов, Г.Н. Калянов, Ю.И. Попов, И.Н. Титовский. – М.: АйТи и ДМК Пресс, 2004. – 328 с.
3. Лагерев Д.Г. Автоматизация разработки управленческих решений в социально-экономических системах на основе применения нечетких когнитивных моделей // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Брянск, 2007. – 20 с.
4. Макаренко Д.И., Хрусталева Е.Ю. Когнитивное моделирование наукоемких оборонно-ориентированных производств: Монография. – М.: ЦЭМИ РАН, 2007. – 76 с.
5. Механизмы управления проектами регионального и отраслевого развития / В.Н. Бурков, В.С. Блинцов, А.М. Возный, К.В. Кошкин и др. – Николаев: Вид-во Торубари О.С., 2010. – 176 с.
6. Проектирование эффективной организационной структуры управления стоимостью портфеля проектов судостроительного предприятия / А.М. Возный, К.В. Кошкин, А.Н. Шамрай, Т.А. Фарионова // Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. пр. – Луганськ, 2010. – № 2 (34). – С. 5-13.
7. Разработка и реализация инновационных проектов и программ развития наукоемких производств / А.М. Возный, А.Ю. Гайда, К.В. Кошкин, А.Н. Шамрай // Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. пр. – Луганськ, 2009. – № 4 (32). – С. 5-11.

## ЛИНЕЙНЫЙ ВЕКТОРНЫЙ ПРОГНОЗИРУЮЩИЙ КОНТРОЛЬ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Атаманюк И.П.

Николаевский государственный аграрный университет (Украина),

Кондратенко Ю.П.

Черноморский государственный университет им. Петра Могилы (Николаев, Украина)

Среди динамических систем, в которых для повышения эффективности управления может быть использован прогноз, значительное место занимают системы обслуживания сложных технических объектов. Типичным примером таких объектов являются транспортные средства. Конечной целью функционирования подобных систем является обеспечение достаточно высокой эксплуатационной надежности и эффективности обслуживаемых объектов. Одним из возможных подходов к повышению надежности технических объектов является прогнозирование их характеристик в будущие моменты времени и принятие решения на основе данной информации о дальнейшей пригодности объектов к эксплуатации.

Предположим, что состояние технического объекта описывается во времени изменением значений векторной случайной последовательности  $\{ \bar{X} \} = X_h(i)$ ,  $h = \overline{1, H}$ ,  $i = \overline{1, I}$  и на значения параметров  $X_h(i)$ ,  $h = \overline{1, H}$ ,  $i = \overline{1, I}$  задан допуск  $[a_h; b_h]$ ,  $h = \overline{1, H}$  такой, что при выполнении условия

$$a_h < x_h(i) < b_h \quad (1)$$

объект признается работоспособным, а при его невыполнении фиксируется отказ. Необходимо проверить выполнение условия (1) для будущих моментов времени  $t_i, i = \overline{k+1, I}$  по известным значениям  $x_h(v), h = \overline{1, H}, v = \overline{1, k}$  на интервале наблюдения  $t_v, v = \overline{1, k}$ . Задача, таким образом, сводится к экстраполяции векторной случайной последовательности. Наиболее универсальным с точки зрения ограничений, накладываемых на случайную последовательность, является алгоритм на основе канонического разложения [1] исследуемой случайной последовательности:

$$m_h^{(\mu, l)}(i) = \begin{cases} M[X_h(i)], \mu = 0; \\ m_h^{(\mu, l-1)}(i) + [x_l(\mu) - m_l^{(\mu, l-1)}(\mu)] \phi_{h\mu}^{(l)}(i), l \neq 1 \\ m_h^{(\mu, H)}(i) + [x_1(\mu) - m_1^{(\mu-1, H)}(\mu)] \phi_{h\mu}^{(1)}(i), l = 1 \end{cases} \quad (2)$$

где  $m_h^{(\mu, l)}(i) = M[X_h(i) / x_\lambda(v), \lambda = \overline{1, H}, v = \overline{1, \mu-1}; x_j(\mu), j = \overline{1, l}], h = \overline{1, H}, i = \overline{k, I}$  – оптимальная по критерию минимума среднего квадрата ошибки прогноза оценка будущих значений исследуемой случайной последовательности при условии, что известны значения  $x_\lambda(v), \lambda = \overline{1, H}, v = \overline{1, \mu-1}; x_j(\mu), j = \overline{1, l}$ .

Параметрами алгоритма (2) являются элементы канонического разложения случайной последовательности  $\{ \bar{X} \} = X_h(i)$ ,  $h = \overline{1, H}, i = \overline{1, I}$  в точках дискретизации  $t_i, i = \overline{1, I}$  [2]:

$$X_h(i) = M[X_h(i)] + \sum_{v=1}^i \sum_{\lambda=1}^H V_v^{(\lambda)} \phi_{h\lambda}^{(\lambda)}(i), i = \overline{1, I}. \quad (3)$$

Элементы разложения (3) определяются соотношениями:

$$V_v^{(\lambda)} = X_\lambda(v) - M[X_\lambda(v)] - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^H V_\mu^{(j)} \phi_{\lambda\mu}^{(j)}(v) - \sum_{j=1}^{\lambda-1} V_v^{(j)} \phi_{\lambda v}^{(j)}(v), v = \overline{1, I}; \quad (4)$$



$$D_{\lambda}(\nu) = M\left[\left\{V_{\nu}^{(\lambda)}\right\}^2\right] = M\left[\left\{X_{\lambda}(\nu)\right\}^2\right] - M^2[X_{\lambda}(\nu)] - \sum_{\mu=1}^{\nu-1} \sum_{j=1}^H D_j(\mu) \left\{\varphi_{\lambda\mu}^{(j)}(\nu)\right\}^2 - \sum_{j=1}^{\lambda-1} D_j(\nu) \left\{\varphi_{\lambda\nu}^{(j)}(\nu)\right\}^2, \nu = \overline{1, I}; \quad (5)$$

$$\varphi_{h\nu}^{(\lambda)}(i) = \frac{M\left[V_{\nu}^{(\lambda)}(X_{h\nu}(i)) - M[X_{h\nu}(i)]\right]}{M\left[\left\{V_{\nu}^{(\lambda)}\right\}^2\right]} = \frac{1}{D_{\lambda}(\nu)} (M[X_{\lambda}(\nu)X_h(i)] - M[X_{\lambda}(\nu)]M[X_h(i)] - \sum_{\mu=1}^{\nu-1} \sum_{j=1}^H D_j(\mu) \varphi_{\lambda\mu}^{(j)}(\nu) \varphi_{h\mu}^{(j)}(i) - \sum_{j=1}^{\lambda-1} D_j(\nu) \varphi_{\lambda\nu}^{(j)}(\nu) \varphi_{h\nu}^{(j)}(i)), \lambda = \overline{1, h}, \nu = \overline{1, i}. \quad (6)$$

Координатные функции  $\varphi_{h\nu}^{(\lambda)}(i), h, \lambda = \overline{1, H}, \nu, i = \overline{1, I}$  характеризуются свойствами:

$$\varphi_{h\nu}^{(\lambda)}(i) = \begin{cases} 1, h = \lambda \text{ \& } \nu = i; \\ 0, i < \nu. \end{cases} \quad (7)$$

**Выводы.** Алгоритм оптимальной экстраполяции позволяет контролировать характеристики технического объекта в будущие моменты времени и таким образом управлять его надежностью. Каноническое разложение (3) и, как следствие, алгоритм прогноза (2) полностью учитывают априорную информацию для каждой составляющей векторной случайной последовательности в отличие от известных решений ([3] для незашумленной случайной последовательности и [4] – зашумленной), в которых корреляционные связи между составляющими использованы в полной мере лишь для последней составляющей. Алгоритм (2) является достаточно универсальным и не накладывает никаких существенных ограничений на класс исследуемых случайных последовательностей (скалярность, марковость, стационарность, монотонность и т.д.).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пугачев В.С. Теория случайных функций и ее применение. – М.: Физматгиз, 1962. – 720 с.
2. Атаманюк І.П. Канонічний розклад векторного випадкового процесу з повним урахуванням взаємкореляційних зв'язків для кожної складової // Вісник ЖІТІ. – 1998. – № 8.
3. Кудрицкий В.Д. Прогнозирование надежности радиоэлектронных устройств. – К.: Техніка, 1982. – 168 с.
4. Атаманюк І.П. Прогнозирование технического состояния объекта контроля при различном уровне информационного обеспечения // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 1999. – № 3.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВРЕМЯИМПУЛЬСНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Белан С.Н.

Государственный экономико-технологический университет транспорта  
(Киев, Украина)

**Введение.** Современный железнодорожный транспорт требует к себе повышенного внимания, с точки зрения автоматизации функционирования всех составляющих его инфраструктуры. Одной из операций, которая позволяет повысить безопасность функционирования транспорта, является идентификация его как стационарных, так и движущихся объектов. Идентификация объектов является всегда востребованной, поскольку позволяет без участия человека повысить качество и надежность функционирования всей инфраструктуры.

**Актуальность исследований.** Из всего многообразия систем идентификации наиболее ярко выделяются структуры, построенные по параллельно-иерархическому принципу обработки данных. При этом они используют на каждом иерархическом уровне ансамбли различных вычислительных элементов, выполняющих заданные операции по иерархической обработке и подготовке данных. По такой же аналогии построен зрительный канал человека, способный обрабатывать и распознавать оптические картины любой сложности. В этом плане эффективным является использование клеточных автоматов (КА), которые позволяют построить зрительный канал, аналогичный человеческому. КА в такой системе расширяют круг обрабатываемых изображений, а также дают возможность резко сократить объем обучающей выборки. При этом они позволяют автоматически расширять классы распознаваемых изображений и обобщать их в новые сложные объекты.

**Постановка задачи.** В работе ставится задача построения системы на основе КА, которая могла бы обрабатывать и распознавать широкий типовой круг изображений, для идентификации объектов железнодорожного транспорта. При этом, система способна обучаться с поступлением новых незнакомых ей изображений объектов и формировать новые классы.

**Контурный анализ изображений с времяимпульсной обработкой на основе КА.** Принципы организации и структура системы распознавания изображений на основе клеточных технологий представлены во многих работах [1]. Для ее реализации используется три основных блока: блок предварительной обработки и подготовки изображений, блок памяти и блок сравнения. Система обучается первым неизвестным изображением объекта. Новому объекту присваивается идентификатор, формируется его код, который записывается в блок памяти эталонов. Структура кода зависит от представления входного изображения блоком обработки. Если на входе системы появляется изображение объекта, эталон которого в ней содержится, то данный объект идентифицируется блоком сравнения. При этом объект на входе может отличаться второстепенными параметрами, а код данного эталона обогащается и укрепляется для разделения объектов внутри класса. В такой системе класс формируется минимальным базисом основных характеристик объекта, удаление одной из которых приводит к изменению принадлежности к классу. Фактически система обучается первым неизвестным изображением, формируется новый класс, который совершенствуется (укрепляется) в процессе поступления новых объектов, принадлежащих к этому классу.

В работе предлагается метод эффективной обработки и подготовки изображений для хранения, сравнения и оптимального формирования классов в системе. Для его реализации используются КА, которые позволяют организовать многослойную структуру,

способную перенастраиваться на различные операции. Кроме того, КА позволяют «выхватывать» объекты в зрительной сцене, следить за ними в реальном масштабе времени, обрабатывать и представлять их в удобной форме для распознавания.

Суть метода заключается в обходе контура сигналом возбуждения в поле КА. В начальный момент времени выбирается ближайшая вершина многоугольника, от которой начинается процесс передачи возбуждения от клетки к клетке. В момент смены направления КА выдает импульс, который начинает увеличивать свою амплитуду с каждым шагом передачи сигнала возбуждения от клетки к клетке. Амплитуда импульса увеличивается до тех пор, пока не меняется направление при передаче сигнала возбуждения. В момент смены направления формируется новый импульс, который аналогично начинает увеличивать свою амплитуду. Если имеет место единичное (ступенчатое) изменение направления, с последующим его восстановлением, то формируется единичный импульс. Пример формирования импульсной последовательности для треугольника представлен на рис. 1, а.



Рисунок 1 – Пример импульсной последовательности для треугольника – а) и примеры фигур, которые использовались в эксперименте – б)

Для четкой фиксации вершин осуществляется устранение импульсов с малыми амплитудами. При этом устранение одного импульса влечет увеличение амплитуды импульса вершины на единицу, что создает чёткий контраст фигуры. В этом методе амплитуды вершин импульсов представляют длины сторон фигуры. Если многоугольник сложный, т.е. имеет не только выпуклые вершины, но и вогнутые, то импульсы для таких вершин формируются отрицательной полярности. Формы импульсных последовательностей, описывающих фигуру, аналогичны последовательностям импульсов, которые формируются на выходах ганглиозных клеток в зрительном канале человека [2]. Получив такую последовательность и задавая амплитудный порог, появляется возможность четко выделять изображение объекта среди шумов. Это избавляет от необходимости проведения первоначальной морфологической обработки зрительной картины. Для подтверждения эффективности метода проводился эксперимент с помощью его компьютерного моделирования, в котором использовались изображения различных фигур, полученных с помощью фотокамеры с различным разрешением, подсветкой и с различных расстояний (рис. 1, б).

Наилучшие результаты при распознавании были получены при определении фона с чувствительностью 30-40 % и бинаризации фигуры – в диапазоне 70-95 %. При этом, 100 % распознавания достигалось, когда удалялись импульсы с амплитудами, равными единичным значениям, затем с амплитудами, соответствующими двум единичным значениям, а затем, среди оставшихся импульсов, удалялись импульсы с амплитудами ниже среднего значения.

**Выводы.** Предложенный метод позволяет обрабатывать и распознавать изображения объектов, которые имеют высокую зашумленность, а также изменяются в масштабе и ориентации. При этом они не меняют своей геометрической формы. Проведенное программное моделирование дало 100 % распознавания при измененном масштабе и 97,7 % при измененной ориентации.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Белан С.Н. Система распознавания изображений с растущими клеточными слоями // Искусственный интеллект. – 2010. – № 4. – С. 150-161.
2. Демидов В.Е. Как мы видим то, что видим. – М.: Знание, 1987. – 240 с.

## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРАВИЛ МППСС-72 В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СУДОВОДИТЕЛЯ

Бень А.П.

Херсонский государственный морской институт  
(Украина)

Анализ причин столкновений судов показывает, что главная причина аварий – человеческие ошибки, составляющие 80 % от общего количества причин, приводящих к столкновению. Одним из наиболее перспективных путей решения проблемы влияния человеческого фактора на уровень аварийности на море является создание систем поддержки принятия решения (СППР) судоводителя. Разработка таких СППР сопряжена с рядом сложностей, одна из которых – формализация Международных правил по предотвращению столкновения судов (МППСС-72) в виде, удобном для практического использования в базе знаний СППР.

Анализ существующих работ, посвященных теории и практике создания СППР в судовождении [1-4], показывает, что важнейшим фактором, который необходимо учитывать при описании процесса расхождения судов, является характер их взаимодействия. При этом необходимо принять во внимание принцип общности интересов взаимодействующих судов, состоящий в избежании столкновения, и нормативную координацию их поведения в соответствии с МППСС-72.

Поскольку МППСС-72 регламентируют попарное взаимодействие судов, при формировании сценариев развития текущей ситуации в СППР целесообразно рассматривать именно такой вид взаимодействия, принимая, однако, при этом во внимание тот факт, что суда взаимодействуют не только с нашим собственным судном, но и друг с другом.

Очевидно, что число рассматриваемых взаимодействующих пар судов для случая  $N$  судов в зоне расхождения будет равно числу сочетаний  $C_N^2$ :

$$C_N^2 = \frac{N!}{(N-2)!2!}$$

Величина  $C_N^2$  на практике крайне редко превышает значения 190 (что соответствует 20-ти судам в зоне расхождения), а, для большинства рассматриваемых ситуаций, находится в диапазоне [1; 21] (2-7 взаимодействующих судов соответственно). Указанный порядок величины  $C_N^2$  хотя и делает невозможным «проигрывание» всех возможных вариантов взаимодействий непосредственно усилиями судоводителя, как это отмечается в работе [4], тем не менее, не является препятствием для осуществления такой операции современными средствами вычислительной техники в режиме реального времени, учитывая то обстоятельство, что реальное значение величины  $C_N^2$  может быть дополнительно существенно уменьшено путем введения предварительной классификации судов по степени их опасности друг для друга. Суда, рассматриваемые СППР, могут быть классифицированы на три категории, в соответствии с которыми формируется множество возможных сценариев их взаимодействия друг с другом: «безопасное судно», «потенциально опасное судно», «опасное судно». Для оценки уровня опасности целесообразно использовать систему критериев, предложенных в работах [2, 3]. Выбор пар судов, взаимодействие которых анализируется СППР и для которых формируются сценарии, осуществляется в соответствии с уровнем их опасности друг для друга согласно алгоритму, представленному на рисунке 1.



Рисунок 1 – Алгоритм работы СППР судоводителя

Оценка навигационной ситуации в СППР и построение возможных сценариев ее дальнейшего развития осуществляется путем формирования и анализа логических правил, представленных в виде фрейм-структур следующего вида:

{идентификатор судна}, {параметры движения судна}, {действия судна, рекомендуемые МППСС}, {действия судна, запрещаемые МППСС}, {действия, реализованные судном с момента наблюдения}, {предполагаемые действия судна}.

Слот {идентификатор судна} содержит поля <тип судна>, <маневренные характеристики судна> и <размеры судна>. Значения поля <тип судна> регламентированы требованиями МППСС-72: «судно с механическим двигателем», «малое судно», «судно, занятое ловом рыбы», «парусное судно», «судно, лишенное возможности управляться», «судно, ограниченное в возможности маневрировать», «гидросамолет», «неидентифицированное судно». Слот {параметры движения судна} содержит поля <координаты  $(x_i, y_i)$ >, <скорость  $V_i$ >, <курс  $\psi_i$ >. Слоты {действия судна, рекомендуемые МППСС} и {действия судна, запрещаемые МППСС} содержат ранжированные списки действий, сформированные СППР на основе требований МППСС-72 применительно к ситуации взаимодействия рассматриваемой пары судов, каждое из которых представлено собственной фрейм-структурой. Два оставшихся слота содержат информацию о локальном сценарии взаимодействия для конкретной пары в разрезе уже реализованных и предполагаемых действий.

Ввиду того, что наличие полных достоверных данных о параметрах движения судов труднодостижимо на практике даже для навигационных ситуаций, характеризующихся хорошими условиями видимости, практическое использование данного подхода требует введения интервальных оценок в слот {параметры движения судна}, что позволяет учитывать неполноту и неточность имеющейся информации. Также возможно использование в СППР данного слота с частично заполненными полями.

**Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению.** Предложенный подход к формированию решающих правил в СППР судоводителя позволяет эффективно реализовать учет требований МППСС-72 в процессе формирования и анализа сценариев развития навигационной ситуации при расхождении судов. Предварительная классификация судов по степени их взаимной опасности позволяет сократить число рассматриваемых взаимодействующих пар, что обеспечивает увеличение числа шагов при формировании сценариев и упрощает процесс их анализа в СППР.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алексейчук М.С. Основные принципы системы принятия оптимального решения при расхождении судов // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОГМА. – Вып. 1. – 1999. – С. 7-14.
2. Бень А.П. Методы оценки опасности траектории движения судов в системах поддержки принятия решений // Вестник ХНТУ: Сб. науч. трудов Херсонского национального технического университета. – 2009. – Вып. 1 (34), 9. – С. 429-433.
3. Бень А.П. Принципи побудови систем підтримки прийняття рішень судноводія // Матеріали другої Міжнародної науково-практичної конференції „Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010)”, Херсон, ХДМІ, 25-27 травня 2010 р., Т. 1. – С. 8-11.
4. Мальцев А.С. Интеллектуальные гибридные системы поддержки принятия решений при расхождении судов // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА. – Вып. 11. – Одесса: ИздатИнформ, 2006. – С. 74-86.

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ КОНТРОЛЛЕРА БОРТОВЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА VHDL**

Василив Г.Н., Варчук М.Н.  
Национальный авиационный университет  
(Киев, Украина)

Современный этап научно-технического прогресса характеризуется широким применением электроники и микроэлектроники во всех сферах жизни и деятельности человека. Вычислительные машины и комплексы применяются в настоящее время практически во всех отраслях жизнедеятельности человека – связи и передачи данных, медицине и в быту, измерительных и контролируемых системах, в системах автоматического управления и многих других, где играют немаловажную роль и поэтому должны отвечать высоким требованиям как точности, так и надежности.

Особую роль, с недавнего времени, стали играть и так называемые специализированные или бортовые компьютеры. Эффективность различных современных подвижных и стационарных систем зависит во многом и от их качества. Основное назначение этого класса вычислительных устройств – сбор самой различной информации, как о состоянии окружающей среды, так и, возможно, о состоянии самого объекта, её обработка и передача более высокому звену управления объектом.

Во-первых, бортовой цифровой вычислительной машиной (БЦВМ) использовались неунифицированные шины, обеспечивающие взаимодействие между блоками машины и преобразователи «код – аналог» и «аналог – код» для связи с абонентами. По мере развития структуры БЦВМ в качестве внутреннего интерфейса сначала использовался интерфейс «общая шина», ГОСТ 26765.51–86, а затем и системная шина VME, которая уже является открытым интерфейсом. Аналоговый внешний интерфейс дополняется радиальными каналами для передачи последовательных кодов с пропускной способностью 48 кбит/с (ГОСТ 18977–79), затем в состав внешнего интерфейса вводятся мультиплексные каналы с пропускной способностью 1 Мбит/с (ГОСТ 26765.52–87). В дальнейшем, по мере совершенствования структуры, в составе внешнего интерфейса можно использовать каналы по ГОСТ 50832–95 (20 Мбит/с), сетевые интерфейсы типа AS4074 (HSDB), а в перспективе и интерфейс типа SCI (в варианте для систем реального времени – 1394) с пропускной способностью 1 Гбит/с и 1 Гб/с.

Цифровые вычислительные средства в составе бортового оборудования самолетов появились на рубеже 60-х годов и за относительно короткий срок практически полностью заменили используемые ранее аналоговые вычислители, поскольку обеспечивали более высокую точность решения задач, характеризовались большей универсальностью применения и обладали широкими логическими возможностями.

Эти качества бортовой цифровой вычислительной машины (БЦВМ) позволяют использовать ее практически во всех подсистемах бортового оборудования самолета, обеспечивают устойчивость БЦВМ к усложнению алгоритмов и позволяют применять более сложные, а значит, и более совершенные законы управления самолетом и его подсистемами. Они позволили осуществить информационное взаимодействие между отдельными (ранее непосредственно не взаимодействовавшими) подсистемами бортового оборудования и образовать единый комплекс бортового оборудования (КБО), что в конечном счете повысило эффективность выполнения полетного задания и безопасность полета.

«Бортовой компьютер М1.5.4» (далее – «БК») предназначен для отображения в режиме реального времени параметров движения на маршруте, значений внутренних переменных и кодов неисправностей ЭБУ, а также управления исполнительными механизмами системы управления двигателем с распределенным впрыском топлива и



контроллерами Bosch M1.5.4 и Январь-5 как с датчиком кислорода, так и без него. Для лазерной локации объектом наблюдения может быть любое тело или группа тел с электромагнитными свойствами, отличными от свойств среды распространения лазерного (оптического) излучения. Такими объектами обычно являются самолеты, вертолеты, корабли, автомашины, участки земной поверхности, другие ЛЛС, искусственные спутники Земли (ИСЗ), Луна, планеты и т.п. При лазерной локации информация о цели, извлекаемая в ЛЛС, переносится оптическими локационными сигналами, т. е. принимаемыми электромагнитными колебаниями (излучениями) оптического диапазона, параметры которых определенным образом связаны с координатами и характеристиками цели. Обнаружение целей в лазерной локации состоит в фиксации поступающих на вход приемного устройства ЛЛС оптических локационных сигналов и является первым этапом первичной обработки информации в ЛЛС. Как известно, этот этап включает в себя две операции: выделение сигнала на фоне помех и принятие решения о наличии или отсутствии сигнала цели на входе приемника локатора с некоторыми вероятностями правильного и ложного обнаружения. При этом широко используются различия спектральных и статистических характеристик оптического локационного сигнала и помехи (шума).

Измерение (оценка) координат цели (наклонной дальности  $R$ , азимута  $a$  и угла места  $b$ ) и других параметров ее движения является вторым (последним) этапом первичной обработки локационной информации в ЛЛС и сводится к определению значений соответствующих параметров оптических локационных сигналов. При этом используются те же физические свойства электромагнитных волн (излучений), что и в радиолокации. Большинство ЛЛС работают в наиболее хорошо освоенном поддиапазоне длин волн: от 0,69 мкм (рубиновые лазеры) до 10,6 мкм (лазеры на углекислом газе). В этом интервале работают лазерные (оптикоэлектронные) дальномеры, измерители скорости и другие виды ЛЛС.

При разработке функциональных схем необходимо промоделировать как работу отдельных компонент, так и работу всей системы в целом. Удобным средством для этого является пакет Active – HDL 3.6.

Язык описания аппаратуры для высокоскоростных интегральных схем (VHSIC), называемый VHDL, является формальной записью, которая может быть использована на всех этапах разработки электронных систем. Функция системы определяется как преобразование значений на входах в значения на выходах. Причем время в этом преобразовании задается явно. Организация системы задается перечнем связанных компонентов.

В результате выполнения работы был создан программный модуль реализации методов оптической локации для бортовых компьютерных систем, реализованный в среде объектного программирования VHDL. Модуль обладает всем необходимым набором функций, позволяющим успешно решать возложенную на него задачу при работе в составе программного обеспечения АСУТП. Несмотря на функциональную законченность разработки, усовершенствование модуля будет продолжаться, так как круг задач, возложенных на него до конца еще не определен.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Костюк В.И. Системы отображения информации и инженерная психология. / В.И. Костюк, В.Е. Ходаков. – К.: Издательское объединение «Вища школа», 1977.
2. Шерр С. Электронные дисплеи: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982.
3. Лавинский Г.В. Построение и функционирование сложных систем управления. – К.: Высшая школа, 1989.
4. Твердохлеб Н.Г. Организация машинной обработки экономической информации в промышленности / Н.Г. Твердохлеб, Н.И. Татарчук, М.А. Сендзюк. – К.: Вища школа, 1984.

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО РЕСУРСУ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Волосюк Ю.В.

Миколаївська філія Європейського університету  
(Україна)

**Вступ.** Незважаючи на проблематику при реалізації, ідея дистанційного навчання продовжує приваблювати розробників навчальних середовищ і технологій. Розроблено сотні навчальних платформ, засобів розробки і доставки контенту до споживача. Постійно збільшується кількість освітніх організацій, що пропонують дистанційне е-навчання і е-освіту. Тому нами було проведено порівняльний аналіз сучасного програмного забезпечення для розробки систем дистанційного навчання. Завдяки цьому було виявлено, що безпосередній доступ до інформації при навчанні є низькоефективним, тобто потрібна спеціально організована процедура надання інформації з метою ефективного використання інформаційного ресурсу.

Існуючі практичні та науково-методичні підходи щодо представлення або структурування інформаційного ресурсу в системі дистанційного навчання мають евристичний характер. Це обумовлено складністю процесу і, як наслідок, відсутністю науково обґрунтованого, математично формалізованого апарату оцінки ефективності процесу використання інформаційного ресурсу. Таким чином було поставлено наукове завдання – розробити методику оцінки ефективності використання інформаційного ресурсу.

**Результати досліджень.** У роботі викладено математичну формалізацію наукового завдання. Інформаційний ресурс було описано як множину деяких абстрактних елементів і, спираючись на основні принципи теорії графів, теорії штучного інтелекту, теорії складних систем і системного підходу, представлено абстрактні елементи інформаційного ресурсу як об'єднання множини елементів інформаційного ресурсу й множини зв'язків між елементами інформаційного ресурсу.

Неструктурований або слабоструктурований інформаційний ресурс (тобто навчальний матеріал) необхідно зробити зручним для навчального процесу за рахунок визначення нової структури. Тому була розроблена удосконалена математична модель подання знань. Запропоновано модель, яка відрізняється від відомих тим, що поєднує переваги семантичних мереж, предикатів та нечіткої логіки. Розроблено схему застосування нечітких предикатів у векторно-матричному представленні, яка дозволяє ввести логічні операції без довільних допущень. Логічні операції над нечіткими змінними описуються тими ж самими тензорами, що й у «чіткій» логіці. У результаті отримано гнучку й обґрунтовану систему розрахунків, що містить емпіричні експертні оцінки тільки «на вході» алгоритмів. Велика зручність векторного представлення полягає в тому, що операції над логічними змінними можуть бути представлені в матричному виді. Запропонований підхід на основі використання елементарних семантичних мереж 1-го та 2-го роду дозволив вирішити проблему математичної формалізації  $N$ -арної неоднорідної семантичної мережі.

З метою підтвердження достовірності розроблених теоретичних положень було проведено педагогічний експеримент, суть якого полягає у створенні трьох експериментальних груп слухачів з науково-педагогічних працівників та студентів університету. Слухачам було поставлено завдання набути знання та уміння з дисципліни «Основи технології дистанційного навчання» (36 годин загального навантаження, з них під керівництвом викладача 18 годин для очної форми навчання).

1-а група – навчалася дистанційно за експериментальним курсом.

2-а група – дистанційно за традиційним курсом.

3-я група – заочно за традиційним курсом.

Експериментальний дистанційний курс було розроблено на основі практичних рекомендацій, які отримано в роботі. Результати анкетування щодо відношення до дистанційного навчання та доцільності ДН було представлено у вигляді графіків. Близько 80% професорсько-викладацького складу вважає дистанційне навчання цікавою формою навчання, яку доцільно використовувати при самостійних заняттях.

За даними оцінки знань та умінь, експериментальний курс дистанційного навчання дозволив підготувати 78% слухачів на достатньому та високому рівні знань та умінь. Для порівняння, в інших групах цього рівня досягли 34% та 47% відповідно. Тобто цей курс близько як на 40% ефективніший, ніж інші. Також було виявлено факт зменшення часу на усвідомлення відповідного навчального матеріалу в порівнянні з заочною формою навчання.

**Висновки.** Таким чином у роботі було проведено аналіз літератури, джерел інформації в Інтернеті з теми оцінки ефективності використання інформаційного ресурсу. Поставлено наукове завдання – оцінити ефективність процесу використання інформаційного ресурсу при створенні перспективних та аналізі існуючих систем дистанційного навчання. Викладено математичну формалізацію наукового завдання, розроблено практичні рекомендації з використання інформаційного ресурсу. З метою підтвердження достовірності розроблених теоретичних положень було проведено педагогічний експеримент, у якому було розроблено експериментальний дистанційний курс на основі практичних рекомендацій, які отримано в роботі. Експеримент показав доцільність реалізації розробленої методики оцінки ефективності використання інформаційного ресурсу в системах дистанційної освіти, тобто поставлене перед нами завдання було виконано у повному обсязі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вудс У.А. Основные проблемы представления знаний, ТИИЭР, 1986. – Т. 74. – № 10. – 47 с.
2. Вільям Дж. Хассон, Елен К. Вотермен. Критерії якості дистанційної освіти // Вища школа. – 2004. – № 1. – С. 92-99.
3. Кухаренко В.М., Рибалко О.В., Сиротенко Н.Г. Дистанційне навчання: Умови застосування. Дистанційний курс: навчальний посібник. 3-є вид. / За ред. В.М. Кухаренка. – Харків: НТУ «ХПІ», «Торсінг», 2002. – 320 с.
4. Дибкова Л.М. Інформатика і комп'ютерна техніка: навчальний посібник. Видання 2-ге, перероблене, доповнене. – К.: Академвидав, 2005. – 416 с.
5. McCulloch W.S., Pitts W.H. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity, Bull. Math. Biophys. – 1943. – V. 5. – С. 115-133.
6. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – Питер, 2000. – 158 с.
7. Шевченко В. Нейронные сети // Компьютерное обозрение. – 1996. – № 46. – С. 19.
8. Скрэгг Г. Семантические сети как модели памяти // Новое в зарубежной лингвистике. – М.: Радуга, 1983. – Вып. 12. – С. 228-271.
9. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии. – М.: МГТУ, 2005. – 214 с.

## **РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ МАШІНІСТІВ ЛОКОМОТИВІВ**

Горобченко О.М., Кривошея Ю.В.  
Донецький інститут залізничного транспорту  
(Україна)

На сучасному етапі розвитку залізниць на машиніста локомотива покладається основна відповідальність за безпечне прямування поїздів, виконання графіку руху, економне використання паливо-енергетичних ресурсів. На практиці складається така ситуація, що різні машиністи по-різному підходять до процесів керування рухомим складом. Також для неоднакових експлуатаційних умов раціональні режими ведення поїздів виявляються різними.

Одним зі шляхів покращення якості ведення поїздів є впровадження в роботу локомотивних бригад інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (СППР). Підґрунтям для такого висновку є те, що процес керування локомотивом спрощено складається з таких етапів: оцінка ситуації; прийняття рішення; реалізація рішення (керуюча операція).

У такому вигляді перші два етапи процесу керування можливо вдосконалити за допомогою використання ЕОМ, що реалізують програми з використанням елементів теорії прийняття рішень. Оптимізацію прийняття рішень можна виконувати за будь-яким параметром, наприклад за витратами паливо-енергетичних ресурсів на тягу. Пристрій підтримки прийняття рішень буде оцінювати поїзну ситуацію і видавати рекомендації щодо дій з керування локомотивом. Остаточне рішення залишається за машиністом, оскільки в сучасних умовах немає можливості достовірно оцінити ситуацію тільки за допомогою існуючих апаратних елементів збору інформації.

Найбільш доцільною для використання локомотивними бригадами є СППР, що використовує імовірнісну задачу індивідуального прийняття рішень з векторним критерієм.

Відомо, що головними проблемами, розв'язуваними при створенні таких систем, є зіставлення описів станів об'єкта прийняття рішень (об'єкта керування) з умовами істинності продукцій, а також визначення послідовності перегляду та аналізу продукцій при виводі рішень. Зіставлення описів вирішується так: є набір еталонних описів станів об'єкта керування у вигляді нечітких ситуацій – нечітких множин другого рівня на множині ознак. Опис поточного стану об'єкта керування також представляється у вигляді нечіткої ситуації. Виведення рішення полягає в зіставленні опису поточного стану об'єкта керування з усіма еталонними ситуаціями, визначенні продукції з еталонною ситуацією, найбільш відповідної вхідної нечіткої ситуації, і видачі відповідного керуючого рішення. Набір продукцій, необхідних для виведення рішення в поточній ситуації, а також послідовність їхнього перегляду визначаються стратегією керування – нечітким маршрутом між вихідною і цільовою ситуаціями.

У даній роботі побудовано одноагентну систему штучного інтелекту для підтримки прийняття рішень машиністом локомотиву під час руху.

У якості моделі бази знань, що найпростіше реалізувати на ЕОМ, прийнято продукційну модель, утворену з формальної логічної моделі, та створено програму-інтерпритатор.

Моделювання роботи розробленої СППР за допомогою ЕОМ дає можливість сказати про ефективність її використання. Прогнозований ефект полягає в зниженні енерговитрат на тягу поїздів на 1,2-4%. Крім того підвищується безпека руху.

## РОЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В УПРАВЛІНСЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Григорова А.А., Захарченко Р.М., Кірюшатова Т.Г.  
Херсонський національний технічний університет  
(Україна)

**Постановка проблеми.** Управлінська діяльність – один з найважливіших факторів функціонування й розвитку підприємств, який постійно вдосконалюється відповідно до об'єктивних вимог виробництва. Зміна умов виробничої діяльності позначається не тільки на вдосконалюванні організації системи управління, але й на перерозподілі функцій управління по рівнях відповідальності. Управління підприємством вимагає різнобічних знань, науково-дослідного підходу, стратегічного мислення, новаторства. Усе це потребує від керівників підприємств адаптації до нових умов і призводить до розуміння необхідності впровадження інформаційних технологій.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Теоретичною та методологічною основою дослідження виступають законодавчі акти, нормативно-правові документи з питань впровадження інформаційних технологій на підприємстві, матеріали науково-практичних конференцій, роботи Бакаєва О.О., Павлова О.П., Петрова Е.Г., Ситника В.Ф., Глушко С.В. та ін.

**Мета статті.** Метою статті є дослідження ролі інформаційних систем у підтримці прийняття управлінських рішень на всіх рівнях, підвищення ефективності бізнес-процесів, визначення стратегії розвитку підприємства.

**Результати досліджень.** Характерними рисами функціонування підприємства в сучасних умовах є:

- поява нових суб'єктів господарської діяльності;
- зростання інформаційного навантаження на управлінський персонал;
- глобалізація економічної діяльності.

Усі ці чинники актуалізують проблему комплексної автоматизації управлінської діяльності на основі сучасних інформаційних технологій та засобів телекомунікації. Використання в інфраструктурі підприємства інформаційної системи зумовлено прагненням до реорганізації бізнес-процесів, необхідністю підтримки стратегічного планування і прийняття оптимальних рішень.

Система управління підприємством функціонує на базі інформації про стан об'єкта, його входів (ресурси) і виходів (продукція та результати діяльності) відповідно до поставленої мети (забезпечити випуск продукції з заданими характеристиками). Управління здійснюється за допомогою управлінського впливу з урахуванням зворотнього зв'язку та зовнішнього середовища [1].

У сучасних умовах зовнішнє середовище підприємств характеризується нестабільністю й високою швидкістю змін, що не може не відбиватися на самому підприємстві. У такій ситуації на перший план виходять проблеми, пов'язані з одержанням, обробкою й зберіганням інформації, що призводить до необхідності інтегрувати та органічно поєднувати інформаційні та виробничі технології. Будь-який рівень управління потребує інформації з усіх функціональних систем (у різних обсягах і з різним ступенем узагальнення). Сьогодні це завдання на підприємствах вирішується за допомогою різноманітних інформаційних систем (ІС).

Підприємства, що мають потенціал у сфері проектування АСУ, пробують розробляти ІС власними силами (рис. 1).

На великих підприємствах інформаційна система функціонального призначення може складатися з декількох підсистем для виконання підфункцій. Наприклад, виробнича інформаційна система має наступні підсистеми: управління запасами, управління виробничим процесом тощо.

| Показник   | Роки  |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  |
| 1. Частка оборотних виробничих фондів в обігових коштах  | 0,571 | 0,638 | 0,480 | 0,705 | 0,593 | 0,606 |
| 2. Частка основних засобів в активах                     | 0,569 | 0,581 | 0,557 | 0,575 | 0,530 | 0,470 |
| 3. Коефіцієнт зносу основних засобів                     | 0,503 | 0,520 | 0,551 | 0,569 | 0,598 | 0,612 |
| 4. Частка довгострокових фінансових інвестицій в активах | 0,049 | 0,051 | 0,031 | 0,035 | 0,033 | 0,031 |
| 5. Частка оборотних виробничих активів                   | 0,183 | 0,195 | 0,166 | 0,229 | 0,224 | 0,271 |
| 6. Частка оборотних виробничих фондів в обігових коштах  | 0,571 | 0,638 | 0,480 | 0,705 | 0,593 | 0,606 |
| 7. Коефіцієнт мобільності активів                        | 0,471 | 0,441 | 0,529 | 0,481 | 0,608 | 0,812 |

Рисунок 1 – Елемент системи «Аналіз фінансового стану підприємства»

Важливим є забезпечення інформаційної підтримки підготовки ухвалення рішень з ключових фінансово-економічних питань. Це передбачає використання на постійній основі методів прогнозування, моніторингу, аналізу і коректування діяльності підприємства та його підрозділів. Керівники підприємств та їхніх структурних підрозділів на основі ІС своєчасно і в повному обсязі отримують усю необхідну для них інформацію про стан виробничих процесів, фінансовий стан, динаміку витрат, обсяги реалізації продукції тощо (рис. 2).

|                               |        |                                   |       |
|-------------------------------|--------|-----------------------------------|-------|
| Обсяг випуску, тис. грн.      | 0,6    | Рентабельність за собівартістю, % | 77,12 |
| Обсяг реалізації, тис. грн.   | 48     | Рентабельність за реалізацією, %  | 43,54 |
| Виробничі витрати, тис. грн.  | 27,101 |                                   |       |
| Загальний прибуток, тис. грн. | 20,899 |                                   |       |

Розрахунок

Рисунок 2 – Інформація для прийняття управлінського рішення

Автоматизація бізнес-процесів сьогодні стає для українських підприємств необхідністю. Вона розглядається як засіб найбільш ефективного управління, що забезпечує мінімізацію витрат і збільшення прибутковості підприємства. Крім вирішення глобальних завдань, сучасні керівники різного рівня стикаються з внутрішніми проблемами, що відносяться до роботи окремих підрозділів та які неможливо вирішити в оперативному порядку за допомогою інструкцій. У силу цих причин інформаційні системи для керівництва підприємств є необхідним інструментом, що дозволяє підвищити ефективність і прозорість бізнес-процесів, забезпечити централізовану підтримку прийняття управлінських рішень на всіх рівнях. Важливу роль при виборі інформаційної системи відіграють: швидка окупність інвестицій і забезпечення «безболісного» переходу від старої системи до нової. Слід враховувати, що інформаційна система – управлінська ідеологія, що поєднує бізнес-стратегію підприємства (з вбудованою для її реалізації структурою) і передові інформаційні технології [3]. Помилково вважають, що головну

увагу слід приділяти відпрацьованій структурі управління, що складає функціональну частину підприємства, а автоматизація виконує другорядну, інструментальну роль.

Найзагальнішими критеріями для побудови ІС можна назвати наступні:

- модульна структура системи;
- наявність графічних засобів проектування бізнес-процесів;
- мінімальна вартість ліцензії і володіння;
- багатофункціональність;
- можливість реалізації основних задач автоматизації управління підприємством, включаючи автоматизацію виробничого процесу;
- простота реалізації, простота впровадження, супроводу і навчання та ін. [2].

Основним призначенням інформаційної системи при її впровадженні є ліквідація дублюючих зв'язків і функцій, оптимізація інформаційних потоків, можливість одержання необхідних даних із кожного робочого місця, яке обладнане комп'ютером.

Будь-яке промислове підприємство можна розглядати як виробничо-економічну систему, для якої формулюються загальні закономірності та принципи розвитку. Основною метою управління розвитком промислових підприємств є підтримка заданих вимог до динаміки їх розвитку, забезпечення сталого компромісу між функціональною стабільністю у зовнішньому середовищі й інноваційною поведінкою.

Особливості задач розвитку підприємства потребують для їх розв'язання побудови моделей, що ґрунтуються на таких принципах:

- система моделей будується, як система, що розвивається;
- система має адаптивні властивості, що дають змогу простежити інформаційний образ підприємства;
- у складі системи підтримки прийняття управлінських рішень виділяється спеціальна підсистема автоматизованого проектування моделей [4].

Також невід'ємною частиною сучасної підприємницької діяльності є наявність фактора ризику. В Україні використовуються спеціалізовані комп'ютерні програми для аналізу ризиків, які поступово здобувають популярність.

Автоматизовані комп'ютерні системи діагностики кризового стану та банкрутства можуть розроблятися як самостійні програми або як вбудовані моделі до стандартних програм.

Наприклад, якщо для даного підприємства необхідно, використовуючи зафіксовані дані про відхилення отриманих об'ємів замовлень від замовлених оптимальних, тобто знайти найбільший проміжок відхилень, побудувати коваріаційну матрицю, знайти ризик.

Для отримання рішення необхідно використати метод множників Лагранжа.

Для багатопродуктової моделі нехай:

$Q_i$  – надбані компоненти;

$Q_i^*$  – оптимальний об'єм, згідно з формулою Уілсона;

$Q_{ij}$  – реальний об'єм поставки  $i$ -го компоненту в  $j$ -м замовленні;

$W_i$  – доля вартості  $i$ -го компоненту в готовій продукції;

$\Delta q_i w_i$  – середньорічні відхилення поставок від оптимально замовлених у вартісному відображенні;

$L_p$  – витрати, пов'язані з поставками;

$L_z$  – витрати, пов'язані зі збереженням;

$L_R$  – витрати, пов'язані з ризиком;

$L$  – загальні витрати;

$m$  – кількість компонент, необхідних для виробництва конкретного виду продукції;

$t_i$  – термін збереження  $i$ -го виду продукції;

$\Delta q_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (q_{ij} - q_i^*)$  – середньорічні відхилення  $i$ -го продукту.

Цільова функція  $L = L_z + L_p + L_R \rightarrow \min$

$$L_p = \sum_{i=1}^m q_i w_i \leq b_p = \sum_{i=1}^m b_{p_i}$$

$$L_z = \sum_{i=1}^m q_i w_i t_i \leq b_z = \sum_{i=1}^m b_{z_i}$$

Коваріаційна матриця, яка характеризує ризик:

$$R = (w_1 w_2 \dots w_m) \begin{pmatrix} (\Delta q_1)^2 & (\Delta q_1 \Delta q_2) & \dots & (\Delta q_1 \Delta q_m) \\ (\Delta q_2 \Delta q_1) & (\Delta q_2)^2 & \dots & (\Delta q_2 \Delta q_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ (\Delta q_m \Delta q_1) & (\Delta q_m \Delta q_2) & \dots & (\Delta q_m)^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_m \end{pmatrix}$$

$$w_1 + w_2 + \dots + w_m = 1$$

У результаті отримуємо систему рівнянь, яка може бути вирішена за допомогою стандартних програмних засобів.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial S(\vec{q}, \vec{\lambda})}{\partial q_i} = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial \lambda_{1i}} = q_i w_i - b_p = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial \lambda_{2i}} = q_i w_i t_i - b_z = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial \lambda_3} = \sum_{i=1}^m w_i - 1 = 0 \text{ , де} \\ \frac{\partial S(q, \lambda)}{\partial q_i} q_i = 0 \\ \frac{\partial S(q, \lambda)}{\partial \lambda_{1i}} \lambda_{1i} = 0 \\ \frac{\partial S(q, \lambda)}{\partial \lambda_{2i}} \lambda_{2i} = 0 \end{array} \right.$$

$i=1 \dots m$ .

Введення функції Лагранжа дозволяє звести задачу квадратичного програмування до задачі лінійного програмування і знайти необхідні об'єми замовлень компонент  $q_i$  з урахуванням вартості оформлення замовлення, збереження та ризику.

У сучасних економічних умовах найбільш раціональна поведінка підприємства зводиться до того, що ризики ні в якому випадку не можна ігнорувати, інакше це негативно відобразиться на результатах діяльності підприємства. Для запобігання виникненню негативних наслідків для підприємства необхідним елементом його діяльності є застосування розглянутої методики в автоматизованих системах з автоматизованими процесами управління ризиками.



Інформаційні системи не замінюють собою управління. Їх використання, як і будь-яких інших засобів, може бути неефективним і призвести до зворотних результатів, а може надати підприємству конкурентні переваги. Ефективність інформаційних систем визначається підходами до розробки, застосуванням на підприємстві, ступенем участі керівників у цьому процесі. Сучасна інформаційна система повинна відповідати всім нововведенням у теорії і практиці менеджменту, як, наприклад, програма «Аналітик» (рис. 3). Побудова прогресивної в технічному відношенні системи, не завжди відповідає вимогам щодо функціональності. Реалізація проекту впровадження інформаційної системи потребує великих матеріальних вкладень. Проте досвід крупних зарубіжних компаній свідчить, що всі витрати покриваються за досить короткий термін, а впровадження ІС є одним з необхідних етапів ефективного розвитку підприємств.

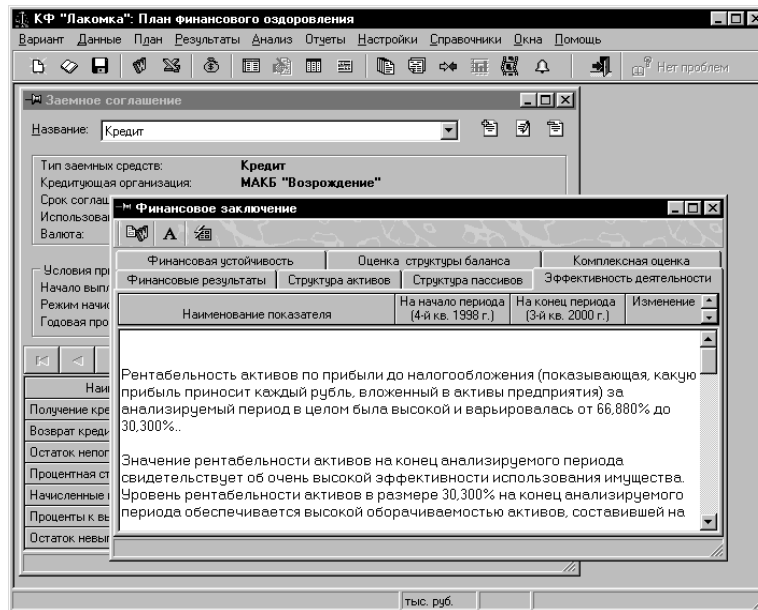


Рисунок 3 – Интерфейс программы «Аналітик»

Останнім часом зростає попит на інтегровані системи управління – автоматизація окремої функції (бухгалтерський облік, фінансовий аналіз, маркетингові дослідження тощо) вважається вже пройденим етапом для багатьох підприємств. На ринку не існує одного виробника, що може запропонувати найкращі рішення для всіх необхідних для побудови програмних компонент. Відомими є продукти: SAP/R3, Platinum, ПАРУС, «ІС – Підприємство» та ін.). Тому спільне використання найбільш придатних рішень від різних виробників дозволяє підвищити функціональну потужність управлінської інформаційної системи. Критеріями оцінки можуть виступати технічна і вартісна характеристики, швидкість упровадження, доречність використання в кожному конкретному випадку.

Управлінські системи гнучкі в адаптації до потреб конкретного підприємства. Виробники пропонують системи у вигляді так званих «конструкторів» – набору частин програми – модулів, використовуючи які, можна одержати результат, який необхідний споживачу. Такі ІС дозволяють практично повністю перебудувати початкову архітектуру кінцевого продукту, самостійно або за допомогою постачальника встановити способи взаємодії з користувачем, обмін даними між окремими модулями та інші параметри системи.

Ринок інформаційних технологій і систем управління підприємством відрізняється динамічністю. З'являються не тільки нові продукти відомих виробників, але й системи розробників, раніше не відомих на даному ринку. Серед готових програмних продуктів, пропонує в Україні, займають міцні позиції «ІС», «Парус», «Галактика», «Інтелект-Сервіс» та багато ін. Також фірми пропонують розробку нових ІС, що враховують всі особливості та вимоги замовника.

За прогнозами фахівців, розвиток українського сегменту ринку ІС визначатиметься наступними чинниками:

- інтеграція вітчизняних і зарубіжних технологій,
- підвищений інтерес до локальних і малих систем,
- взаємовигідна співпраця розробників і користувачів ІС [2].

При виборі системи покупець пред'являє вимоги не лише до самої системи, але і до процесу впровадження системи, супроводу кінцевого продукту тощо. Критерії вибору ІС індивідуальні для кожного підприємства. Часто вони ґрунтуються на існуючих технологіях і можливостях замовника. Наприклад, для автоматизації бізнес-планування застосовують такі пакети прикладних програм: COMFAR, PROPSPIN, «Альт-Інвест», «Project Expert» та ін.; для автоматизації обробки бухгалтерської інформації – системи «ІС: Бухгалтерія», БЕСТ-4, «Інтегратор», «Парус-Бухгалтерія» та ін.

**Висновки.** При виборі ІС підприємству необхідно визначити: що очікується від нової системи, які типи виробництва вона повинна охоплювати, яку технічну платформу використовувати, які звіти формувати. Основна мета автоматизації – управління. Будь-яка із систем – механізм для підвищення якості управління, прийняття ефективних управлінських рішень на підставі своєчасної і достовірної інформації, що видається керівнику інформаційною системою. Ефективною автоматизованою системою є та, яка охоплює всі взаємопов'язані бізнес-процеси, всі аспекти господарської діяльності та ін. Автоматизація діяльності підприємства за допомогою інформаційних систем є інтенсивним способом розвитку підприємства. Впровадження інформаційної системи є складним процесом. Завчасне вивчення проблем, що виникають, та підготовка до них полегшують процес впровадження і підвищують ефективність використання системи.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Григорьев В.В. Оцінка підприємства: теорія і практика / В.В. Григорьев, М.А. Федотова. – М.: ИНФРА-М, 1997. – 320 с.
2. Гужва В.М. Інформаційні системи і технології на підприємствах: навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2001. – 400 с.
3. Ситник В.Ф., Гордієнко І.В. Системи підтримки прийняття рішень: навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. – К.: КНЕУ, 2004. – 427 с.
4. Пономаренко В.С. Проектування автоматизованих економічних інформаційних систем / В.С. Пономаренко, О.І. Пушкар, Ю.І. Коваленко. – К.: ІЗМН, 1996. – 312 с.

## ОСОБЛИВОСТІ ОГЛЯДОВОГО КОНТРОЛЮ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИЛАДІВ НА ОСНОВІ ЗВОРОТНОГО ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ

Дубровкіна М.В., Качанюк Н.В.

Науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Іскра»  
(Луганськ, Україна)

У теперішній час, особливо в умовах відкриття сухопутних та морських кордонів між державами, підвищилась кількість людей, які перетинають кордони. Також в умовах сучасного розвитку економіки збільшуються потоки товарів між державами. При цьому безліч міжнародних транспортних магістралей, велика кількість прикордонних пунктів пропуску, деякі з яких обладнані за спрощеною схемою, сприяють зростанню несанкціонованого ввезення контрабанди, наркотиків, зброї, коштовностей тощо у країну, а також їх провезення через територію країни. Згідно з даними статистики Державної митної служби України [1] за 2010 рік виявлено більше тисячі фактів незаконного переміщення контрабанди на загальну суму більше 700 млн. грн. Дані МВС [2] також невтішні: тільки за останній рік в Україні вилучено 3293 одиниць вогнепальної зброї, патронів – 132 341, гранат – 348, вибухових пристроїв – 86, холодної зброї – 4712, газової і пневматичної зброї – 66, вибухових речовин – 269 кг.

Отже, необхідно підсилювати оглядовий контроль людей, їхнього багажу та транспортних засобів, а також переміщуваних товарів. На підставі проведеного в [3] порівняного аналізу різних методів неруйнівного контролю об'єктів встановлено, що найбільш перспективним є метод зворотного гамма-випромінювання [4].

Принцип методу зворотного гамма-випромінювання полягає у наступному [5]. Випромінювання від джерела гамма-випромінювання проникає всередину контрольованого об'єкта та взаємодіє з речовиною. Частина зворотно розсіяного випромінювання реєструється детектором. Інтенсивність реєстрованого випромінювання залежить від наявності розсіювального об'єкта і його щільності: для речовин з меншою щільністю і меншим атомним номером (папір, вибухові речовини, наркотики) інтенсивність вища, ніж для речовин з більшою щільністю і великим атомним номером (сталь, латунь, свинець). За зміною інтенсивності зареєстрованого зворотного гамма-випромінювання можна судити про зміну щільності об'єкта. Зміна щільності в місцях, де вона має бути незмінною, говорить про наявність стороннього об'єкта. Для обробки даних використовується статистичний критерій, що реагує на перевищення швидкістю лічильності деякого заданого порогу.

Особливостями оглядового контролю транспортних засобів при застосуванні приладів на основі гамма-випромінювання є:

- висока швидкодія та пропускна спроможність огляду, а також нерозбірність об'єктів контролю за рахунок застосування неруйнівного методу контролю;
- висока ефективність та надійність оглядового контролю за рахунок забезпечення необхідної глибини сканування при контролі та можливості виявлення несанкціонованих об'єктів з невеликими габаритними розмірами;
- можливість однобічного оглядового контролю об'єктів та контролю об'єктів у важкодоступних місцях за рахунок застосування зворотного випромінювання як інформаційного сигналу;
- можливість оглядового контролю об'єктів, які виготовлені з різноманітних матеріалів, за рахунок застосування гамма-випромінювання;
- висока ймовірність виявлення несанкціонованих об'єктів та низькі часові та потужні затрати на обробку даних за рахунок застосування лічильного режиму;
- необхідність комплексу організаційних заходів, пов'язаних із застосуванням джерела іонізуючого випромінювання.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Департамент боротьби з контрабандою та порушеннями митних правил [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
[http://www.customs.gov.ua/dmsu/control/uk/publish/article?art\\_id=2397069&cat\\_id=2019724](http://www.customs.gov.ua/dmsu/control/uk/publish/article?art_id=2397069&cat_id=2019724)
2. Стан та структура злочинності в Україні (2010 рік). Міністерство внутрішніх справ України [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
<http://mvs.gov.ua/mvs/control/main/uk/publish/article/374130;jsessionid=56317BFC13924DDA4C731657D3F87C72>
3. Дубровкина М.В. Перспективы применения детектора скрытых пустот на основе эффекта обратного рассеяния гамма-излучения при контроле транспортных средств / Дубровкина М.В., Калюжный А.В. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010): Збірка наукових праць II Міжнародної науково-практичної конференції. – Херсон: Видавництво Херсонського державного морського інституту, 2010.
4. Калюжный А.В. Исследование методов контроля скрытых пустот различными способами // Адаптивные системы автоматического управления. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – Вып. 10 (30). – Днепропетровск, 2007. – С. 54-62.
5. Лейпунский А.И. Распространение гамма-квантов в веществе / А.И. Лейпунский, Б.В. Новожилов, В.Н. Сахаров. – М.: Физматгиз, 1960.

## АНАЛІЗ ФІНАНСОВОГО СТАНУ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ МЕРЕЖ БАЙЄСА

Івченко Л.М.

Навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного і системного аналізу»  
Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»  
(Україна)

Мережі Байєса (МБ) знаходять все ширше застосування в обробці статистичних даних, представлених часовими рядами і часовими перерізами, а також якісними даними, представленими експертними оцінками, лінгвістичними змінними і т. ін. МБ – це математичний апарат, який дозволяє поєднати досить просте графічне зображення деякого процесу з його імовірнісним характером, проаналізувати можливі варіанти розвитку ситуації, відстежити правильність встановлення причинно-наслідкового зв'язку між окремими подіями і завдяки цьому підвищити обґрунтованість рішень при аналізі складних проблемних ситуацій.

Побудова МБ пов'язана з необхідністю розв'язку декількох задач, зокрема це задачі обчислювального характеру, що зустрічаються при навчанні мережі. У загальному випадку навчання мережі відноситься до *NP*-повних задач, тобто об'єм обчислень зростає поліноміально із збільшенням числа вузлів (змінних) мережі.

Таким чином, МБ – це модель зображення ймовірнісних залежностей (взаємозв'язків) між вершинами графа [1, 2]. Зв'язок  $A \rightarrow B$  називається причинним, якщо подія  $A$  є причиною виникнення  $B$ , тобто якщо існує механізм впливу значень змінної  $A$  на значення, які набуває змінна  $B$ . Мережу Байєса називають причинною (каузальною) тоді, коли всі її зв'язки є причинними.

Формально, байєсова мережа – це трійка  $N = \langle V, G, J \rangle$ , першою компонентою якої є множина змінних  $V$ ; другою – спрямований ациклічний граф  $G$ , вузли якого відповідають випадковим змінним модельованого процесу;  $J$  – спільний розподіл імовірностей змінних  $V = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  [3]. При цьому стосовно множини змінних виконується марковська умова, кожна змінна мережі не залежить від решти змінних, за винятком батьківських попередників цієї змінної. Випадковість змінних процесу не виключає наявності в них детермінованої складової. Прозора гнучка графічна структура такої моделі і можливості формування ймовірнісного висновку за допомогою різних методів на основі наявної та нової (додаткової) інформації зумовили можливості її різноманітного застосування в системах розпізнавання, класифікації, прогнозування, підтримки прийняття рішень. У таблиці 1 наведено результати застосування мереж Байєса, моделі Давидової-Белікова та дискримінантної моделі.

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз використаних методів

| Метод                     | Кількість неплатоспроможних підприємств | Похибка | Кількість платоспроможних підприємств | Похибка |
|---------------------------|---|---------|---------------------------------------|---------|
| Мережа Байєса             | 1                                       | 0,05    | 1                                     | 0,06    |
| Модель Давидової-Белікова | 4                                       | 0,6     | 19                                    | 0,05    |
| Дискримінантна модель     | 5                                       | 0,5     | 14                                    | 0,3     |
| Точні дані                | 10                                      | –       | 20                                    | –       |

Із результатів обчислювальних експериментів видно, що точність використання мереж Байєса дає найкращий результат. Це характеризується похибкою визначення неплатоспроможних підприємств (всього їх десять), складає 0,05 (тобто лише одне із десяти підприємств визначено невірно). Тоді як похибка за дискримінантною моделлю складає 0,5, тобто із десяти неплатоспроможних підприємств модель визначила тільки п'ять. За моделлю Д.-Б. похибка складає 0,6, а саме вірно визначено лише чотири із десяти неплатоспроможних підприємств. Аналогічно розраховано похибку для двадцяти платоспроможних підприємств. Таким чином, мережі Байєса – зручний і ефективний інструмент аналізу даних з невизначеностями, який забезпечує прийнятні результати стосовно якості моделей та прогнозів.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Cooper W., Maron M. Foundations of probabilistic and utility-theoretic indexing // *Journal of the ACM*, 1978, Vol. 25, pp. 67-80.
2. Murphy K. A Brief Introduction to Graphical Models and Bayesian Networks. <http://www.cs.berkeley.edu/~murphyk/intel.ps.gz>. – 19 p.
3. Shenoy C., Shenoy P. Bayesian network models of portfolio risk and return / Y. S. Abu-Mostafa, B. LeBaron, A.W. Lo (Eds.) *Computational Finance*, 85-104, MIT Press, 1999.

## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕЙДВУДНОЇ ТРУБИ

Ільге І.Г., Калмиков Д.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
(Україна)

**Вступ.** Виготовлення кораблів у стислі строки є одним з важливих факторів отримання конкурентної переваги. А виробництво важливих вузлів судна найбільш впливає на загальну тривалість всього процесу.

Дейдвудна труба є найважливішим елементом потужних силових установок суден. Технологічний процес виготовлення дейдвудної труби містить складні операції металообробки, які супроводжуються технічним контролем. Ряд операцій металообробки виконується паралельно і їх треба синхронно завершити до початку операції зборки.

Доцільним інструментом дослідження чинників, що впливають на тривалість технологічного процесу з паралельними операціями, є застосування імітаційного моделювання.

**Метою дослідження** є визначення основних часових та ресурсних параметрів технологічного процесу виготовлення дейдвудної труби і розробка заходів підвищення його ефективності.

Для досягнення цієї мети необхідно проаналізувати технологічний процес виготовлення дейдвудної труби, побудувати концептуальну модель цього процесу. Та на її основі розробити імітаційну модель і провести статистичний експеримент.

Технологічний процес виготовлення дейдвудної труби містить наступні етапи:

- технічний контроль заготовок для деталей;
- паралельне виконання операцій виготовлення корпусу, фланця й обичайки;
- технічний контроль виготовлених деталей;
- збірка дейдвудної труби і її контроль.

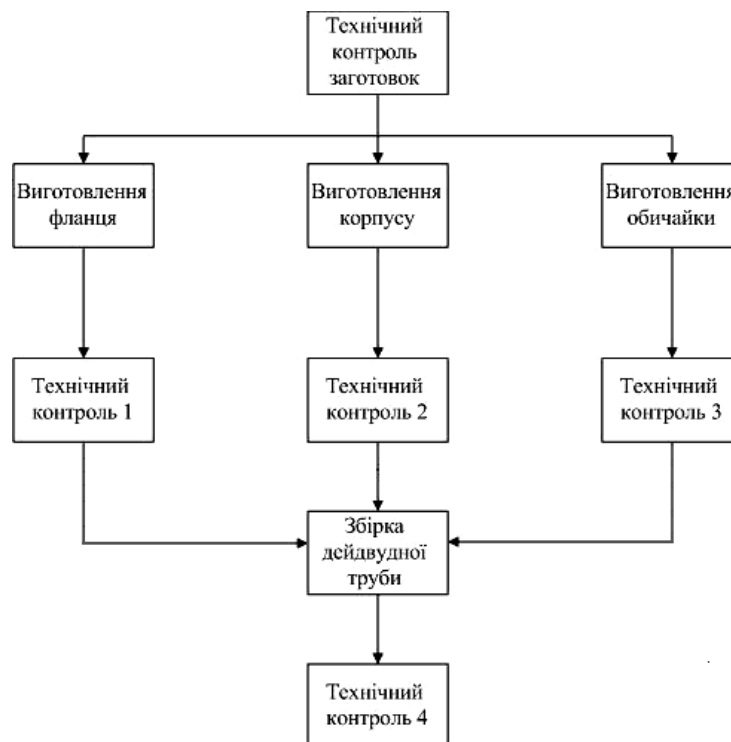


Рисунок 1 – Етапи технологічного процесу

Концептуальна модель технологічного процесу містить 2 рівні ієрархії. На верхньому рівні моделі приведено основні етапи технологічного процесу (рисунок 1), на

нижньому рівні запропоновано концептуальні моделі виготовлення окремих складових дейдвудної труби. Зокрема, концептуальна модель виготовлення фланця містить 3 операції технічного контролю, токарну та горизонтально-розточну операції. Концептуальна модель виготовлення корпусу містить 2 операції технічного контролю та токарну операцію. Концептуальна модель виготовлення обичайки містить 4 операції технічного контролю, 2 газорізальні, гнуття, поздовжньо-стругальну, збирально-зварювальну, контроль УЗК, горизонтально-розточну та слюсарну операції. На основі концептуальних моделей розроблено імітаційну модель.

Екзогенними змінними імітаційної моделі технологічного процесу виготовлення дейдвудної труби є:

- кількість робітників на кожну операцію технологічного процесу;
- загальна допустима кількість робітників;
- кількість устаткування.

Ендогенними перемінними є:

- тривалість процесу;
- кількість готової продукції;
- кількість бракованих виробів;
- час усунення несправностей.

Параметрами (постійними величинами) є:

- час виконання кожної операції;
- частота надходження замовлень;
- розмір партії кожного замовлення.

Імітаційне моделювання було проведено в середовищі GPSS World Student Version.

Від інших популярних мов імітаційного моделювання GPSS вигідно відрізняють інтуїтивно зрозумілий інтерфейс; мінімальні апаратні вимоги; вбудований інструментарій для аналізу результатів роботи моделі та прийняття рішень.

У результаті імітаційного моделювання отримано оцінку тривалості технологічного процесу та коефіцієнт завантаження обладнання і персоналу.

**Висновки.** У роботі проаналізовано технологічний процес виготовлення дейдвудної труби, побудовано концептуальну модель цього процесу і проведено імітаційне дослідження технологічного процесу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Лоу А.М., Кельтон В.Д. Имитационное моделирование. – СПб: «Питер», 2004. – 848 с.
2. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. Практикум: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 2005. – 295 с.
3. Шрайбер Т. Дж. Моделирование на GPSS. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.



## ДЕКОМПОЗИЦІЯ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖНИМИ АВІАЦІЙНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ

Казак В.М., Кошляк І.С., Булка Л.Л.  
Національний авіаційний університет  
(Київ, Україна)

Транспортний сервіс у сучасних умовах включає не лише власне перевезення вантажів від постачальника споживачеві, але і велике число експедиторських, інформаційних операцій, послуг з реєстрації, вантажопереробки, страхування, охорони і тому подібне. Тому транспортування можна визначити як ключову логістичну функцію, пов'язану з переміщенням вантажів транспортним засобом (чи засобами) за певною технологією в ланцюзі постачань і що складається з логістичних операцій і функцій, включаючи експедицію, вантажопереробку, упаковку, передачу прав власності на вантаж, страхування ризиків, митні процедури і тому подібне [1].

Комплексне перевезення вантажів має великий рівень трудовитрат в організаційно-управлінському аспекті, оскільки вимагають при їх здійсненні наявності високого рівня взаємодії між усіма учасниками процесу перевезення. Значне збільшення числа учасників транспортного ланцюга при доставці вантажів, за відсутності належної координації, сприяє накопиченню проблем, з якими вимушені боротися транспортні підприємства і вантажовласники.

Упровадженню в життя принципів логістичного керування в максимальній мірі сприяють наступні умови організації роботи [2]:

1. Комплексування різних видів транспорту, що беруть участь у перевезеннях;
2. Охоплення логістичним керуванням усіх ділянок просування вантажу;
3. Узгодження режимів і об'єму перевезень вантажів з режимами роботи аеропортів та організацій, що беруть участь у доставці;
4. Повна відповідальність транспортно-експедиційного підприємства за збереженість та якість перевезених вантажів на всіх ділянках транспортування;
5. Здійснення навантажувальних операцій з урахуванням зменшення витрат часу і витрат праці на розвантажувальні операції, щоб мінімізувати сумарні витрати часу і праці на комплексну операцію "навантаження + розвантаження";
6. Включення в логістичну систему керування сучасних комп'ютерних технологій інформаційного забезпечення міжнародного перевезення, включаючи сучасні (спутникові) системи контролю і спостереження за місцезнаходженням і просуванням вантажів.

Проведеними дослідженнями встановлено, що недостатня ефективність функціонування процесів перевезень вантажів викликана з одного боку недостатньою їхньою організацією, а з іншого – відсутністю відповідних ефективних науково-методичних засобів керування й оптимізації перевезеннями вантажів у сучасних умовах.

З метою виявлення слабких місць у системі управління перевезеннями, забезпечення безперебійності транспортування, виявлення невизначеностей у процесі доставки в статті проведено декомпозицію проблеми управління вантажними авіаційними перевезеннями на деяку множину задач (рис. 1).

Якість перевезення напряму залежить від сукупності організаційних, економічних, технологічних заходів, які реалізуються для цього у підприємства.

Широке використання у виробничій діяльності сучасних методів управління процесами транспортування вантажів, застосування останніх світових розробок у галузі комп'ютерних технологій та зв'язку здатне забезпечити ефективність перевезення в цілому. Якісна взаємодія між учасниками процесу здатна забезпечити більший ефект, ніж проста сукупність дій цих учасників.

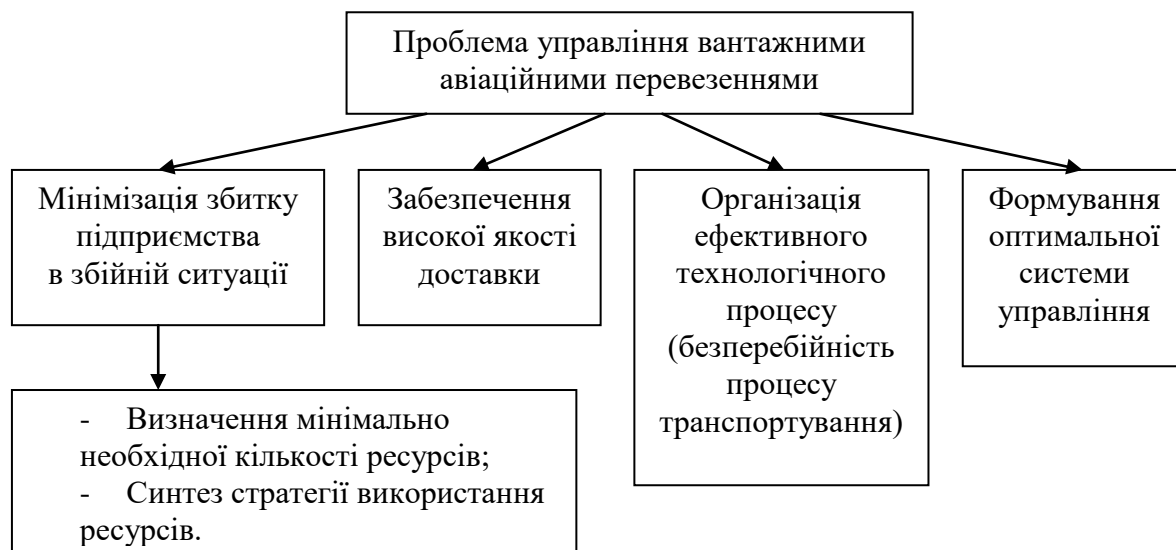


Рисунок 1 – Декомпозиція проблеми управління вантажними авіаційними перевезеннями

При недостатній безперебійності транспортування доводиться створювати страхові запаси для захисту від непередбачуваних збоїв в обслуговуванні. Довгі роки менеджери, відповідальні за роботу транспорту, вважали безперебійність найважливішим критерієм якості транспортування [3]. З появою нових інформаційних технологій, що дозволяють контролювати увесь процес комплексної доставки вантажів і відстежувати кожен його етап, логістичні менеджери стали проявляти більше зацікавленості швидкістю транспортних послуг при одночасній підтримці безперебійності.

У збійній ситуації у комплектованому контурі доставки основною метою управління стає мінімізація збитку транспортно-експедиційного підприємства. Задачею оперативного управління є визначення мінімально необхідної кількості ресурсів для здійснення плану виконання етапів, а також синтез стратегії використання цих ресурсів.

Запропонована декомпозиція проблеми управління вантажними авіаційними перевезеннями дозволяє визначити, що необхідно враховувати для ефективного управління процесом доставки вантажу та виявити слабкі місця в системі управління.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Основи транспортно-експедиційного обслуговування підприємств, організацій та населення: Навчальний посібник. – Харків: Видавництво ХНАДУ, 2002. – 106 с.
2. Транспортная логистика: Учебник для транспортных вузов / Под общей редакцией Л.Б. Миротина. – М.: Издательство “Экзамен”, 2003. – 512 с.
3. Лукинський В.С., Пластуняк І.А., Цвирицько І.А. Современное состояние и перспективы развития основ теории логистики применительно к транспорту. «Бизнес и Логистика – 2002». – Сб. матер. IV Московского международного логистического форума. – М., 2002.

## ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ЦИКЛОВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ МЕХАНООБРОБНИХ ГВК

Кирилович В.А., Підтиченко О.В.  
Житомирський державний технологічний університет  
(Україна)

**Постановка проблеми.** Одним із напрямків автоматизації машино- та приладобудівного виробництва, який базується на використанні роботизованих технологій, є впровадження гнучких виробничих систем (ГВС) [1-3, 12-14]. Останні забезпечують високу ефективність серійних типів виробництва в умовах, що швидко змінюються, зокрема при швидкій та заздалегідь непередбачуваній зміні предметів виробництва. З іншої сторони, задачі, що вирішуються при проектуванні ГВС та їх складових частин, є достатньо складними та трудомісткими, оскільки вимагають врахування значної кількості технологічних, транспортних, геометричних, енергетичних та інших зв'язків і залежностей, технічних та економічних вимог, критеріїв та обмежень [1, 3, 12-14]. Усе це вказує на доцільність та актуальність розробки засобів автоматизованого проектування (АП) ГВС та їх складових, що, в свою чергу, дозволяє суттєво зменшити трудомісткість проектування і в той самий час підвищити якість рішень, що приймаються.

Одними з базових складових ГВС, з яких останні будуються, є гнучкі виробничі комірки (ГВК) [2] – сукупність одиниць технологічного обладнання (ТО), гнучких виробничих модулів, а також засобів забезпечення їх функціонування. ГВК може поєднувати в собі одиниці основного (ОТО) та допоміжного (ДТО) технологічного обладнання, що формують так звані “робочі позиції” (РП), та промисловий робот (ПР), що виконує їх транспортне обслуговування – завантаження ТО предметами обробки – об'єктами виробництва (ОВ), розвантаження ОВ з одиниць ТО, що закінчили обробку, та міжагрегатне транспортування ОВ на наступні РП. При проектуванні нових або переналагодженні існуючих ГВК вирішується ряд важливих проектних задач, серед яких задачі: визначення типу (схеми) компонування ГВК, розміщення технологічного обладнання ТО відносно ПР, визначення послідовності обслуговування ТО промисловим роботом та його складу рухів, формування траєкторії рухів ПР тощо [1, 4, 6, 14]. Вирішення даних задач є багатоваріантним, тому доцільним є пошук оптимальних варіантів їх вирішення. Оцінка оптимальності проектних варіантів може виконуватися на основі показників циклової продуктивності, визначення яких є важливою задачею аналізу при АП ГВК. Теоретичні дослідження показують, що в ряді випадків розрахункові значення циклової продуктивності різних проектних варіантів ГВК можуть відрізнятися в декілька разів, наприклад, для різних послідовностей обслуговування ТО промисловим роботом.

У більшості інформаційних джерел з механоскладальних та механообробних ГВС [3, 11, 15] даються поняття ГВС та їх складових, огляди структур, схеми та описи їх функціонування, але увага проблемам проектування, особливо автоматизованого, приділяється недостатньо. У даній роботі представлено розроблений програмний продукт (ПП), що дозволяє автоматизовано вирішувати ряд задач синтезу та аналізу в процесі проектування ГВК та може бути застосованим у рамках технологічної підготовки виробництва при створенні нових гнучких виробництв або роботизації існуючих, а також у навчальному процесі вищих навчальних закладів.

Таким чином, **метою** даної роботи є представлення розробленого ПП, що дозволяє автоматизовано вирішувати ряд задач синтезу та аналізу в рамках проектування ГВК, зокрема задачу автоматизованого визначення показників циклової продуктивності ГВК,

представлення основних положень, на яких ґрунтується вирішення вказаної задачі, а також методики використання ПП для її вирішення.

**Аналіз стану проблеми та останніх публікацій.** В області роботизованого виробництва (та відповідних інформаційних джерелах) найбільш близьким до поняття “ГВК” є “роботизований технологічний комплекс” (РТК) [1, 3, 11] – сукупність ТО та ПР, що виконує транспортне обслуговування ТО в циклі – міжагрегатне транспортування об’єктів виробництва (ОВ), завантаження їх на ТО для обробки та зняття їх після обробки. Оскільки термін “ГВК” є більш сучасним та охоплюючим (регламентується сучасними стандартами), варто застосовувати його, при цьому вважаючи, що для ГВК є справедливим все, що властиве поняттю “РТК” [2].

При вирішенні окремих задач АП ГВК одиниці ТО доцільно розглядати як робочі позиції (РП). При цьому кожна РП формально представляє одиницю ТО або його частину, на якій перебуває кожен ОВ при виконанні його обробки та транспортування в ГВК згідно з відповідним технологічним маршрутом обробки [7, 9]. При цьому враховується, що ОВ перебуває в ГВК не тільки на ОТО, що, в свою чергу, може містити декілька позицій обробки (при багатомісцевій обробці), а й на допоміжному ТО – різного роду накопичувачах (вхід та вихід ГВК), засобах упорядкування середовища, позиціях проміжкового зберігання (ППЗ) [1, 10] тощо.

У джерелах з проблем проектування та організації роботи ГВС та ГВК [1, 10, 12] важливе місце приділяється проблемі формування організаційно-технічної структури ГВК, що серед інших включає в себе задачі розміщення ТО та організації транспортного обслуговування ТО.

Задача транспортного обслуговування ТО в ГВК може реалізуватися промисловим роботом, який у такому разі виконує поштучне транспортування всіх ОВ (деталей), задіяних в обробці, через всі РП, передбачені технологічним маршрутом обробки деталі (ТМОД), та обслуговування при цьому кожної РП (завантаження, розвантаження їх або перевстановлення ОВ – повторне завантаження тієї ж РП тим самим ОВ) [1, 10]. Послідовність, у якій обслуговуються РП промисловим роботом у процесі роботи ГВК, описується так званим технологічним маршрутом обслуговування робочих позицій (ТМОРП) [1, 4–10], побудова якого є результатом вирішення даної задачі. Крім того, необхідним є визначення складу дій (переходів) ПР при обслуговуванні ТО, тобто загального алгоритму сумісного функціонування ТО та ПР ГВК [1]. У будь-якому випадку визначення показників продуктивності ГВК можливо виконувати, якщо попередньо визначено ТМОРП для даної ГВК [5-6].

В інформаційних джерелах [1, 10] у межах задачі обслуговування ТО розглядаються варіанти обслуговування одноруким ПР з одним чи двома захватними пристроями (ЗП) при відсутності чи наявності ППЗ – додаткового обладнання, що призначене для тимчасового розміщення ОВ (деталей) при міжагрегатному транспортуванні. Проте розглядаються, як правило, лише окремі принципи побудови маршруту обслуговування ТО (особливо у випадку використання ППЗ) і тільки у встановленому режимі (при завантаженості всього обладнання, коли всі процеси в ГВК циклічно повторюються). Процеси на початку роботи (до встановленого режиму) та завершення роботи (коли закінчилися деталі на вході ГВК) не розглядаються взагалі. Крім того, практично відсутні рекомендації щодо визначення маршруту обслуговування ТО при ускладненому маршруті обробки, наприклад, при обробці на окремих одиницях ТО за декілька встановлень. Треба зазначити, що використання ППЗ дозволяє більш ефективно вирішувати задачу транспортного обслуговування, підвищуючи циклову продуктивність ГВК [1, 10]. При цьому теоретично може існувати велика кількість можливих послідовностей (маршрутів) обслуговування ТО промисловим роботом. Проте в літературі наводяться лише декілька загальних способів організації обслуговування ТО при наявності ППЗ, які названі “формами” обслуговування [10].

З огляду на недостатню пропрацьованість та неоднозначність викладення розглянутого питання в літературі, складності та багатоваріантності формування маршруту обслуговування ТО ПР, а також необхідності створення теоретичної основи для автоматизованого вирішення даної задачі, в попередніх роботах [5-9] авторами було чітко визначено поняття та запропоновано формалізовані описи стратегії обслуговування та ТМОРП, який будується для реалізації заданого ТМОД в ГВК на основі певної стратегії, що приймається. Розглянуто стратегії обслуговування РП одnorукиm одно- та двоххватним ПР, дворукиm ПР, а також розроблено ряд стратегій для одnorукого ПР при використанні ППЗ. При цьому визначено структури даних, необхідні для автоматизованої побудови ТМОРП.

Автоматизоване визначення показників циклової продуктивності та формування складу дій ПР запропоновано виконувати за допомогою імітаційного моделювання (ІМ) роботи ГВК [5, 6] з моменту початку роботи до її завершення. При цьому може бути визначено показники продуктивності ГВК, які проєктуються, що є важливим для прийняття рішень на окремих етапах АП ГВК, в тому числі для задачі розміщення ТО та пошуку оптимальної стратегії обслуговування ТО [5].

**Основна частина.** *Опис ключових понять та положень, на яких ґрунтується автоматизоване визначення показників продуктивності ГВК.* Як було відмічено вище, визначення показників продуктивності ГВК передбачає попереднє вирішення задачі транспортного обслуговування ГВК, в результаті якої має бути визначено ТМОРП. Автоматизоване формування ТМОРП виконується на основі аналізу ТМОД та згідно зі стратегією обслуговування РП, що попередньо приймається. При цьому ТМОД являє собою послідовність операцій, що відповідають визначеному в технологічному процесі складу технологічних дій на ОВ, необхідних для отримання певного виробу, із зазначенням РП, на яких виконуються визначені операції. Іншими словами, ТМОД – маршрут (послідовність) обходу об'єктом виробництва заданих РП (або переміщення по заданим РП). Формально ТМОД представляє собою упорядковану множину (послідовність) технологічних операцій (груп операцій), що виконуються над ОВ (деталлю) з одного встановлення, із вказанням номеру РП, на яких виконується кожна операція (група операцій). Для цього кожній з РП, на яких виконуються операції, формально включаючи вхідні та вихідні накопичувачі ГВК, при формуванні складу обладнання ГВК присвоюються номери. Порядок виконання операцій (встановлень) на РП визначає порядок слідування номерів РП у ТМОД. У машинному представленні ТМОД є масивом  $PTM[m]$ , індекси елементів  $m$  якого є номерами операцій (або встановлень) при їх наскрізній нумерації за всіма РП, а значення елементів – відповідними номерами РП [5, 7-9]. У звичайному записі ТМОД формально представляється як рядок з номерів РП, на яких виконуються технологічні операції, в порядку виконання цих операцій. Наприклад, для ГВК, що складаються з 5-ти РП, та при послідовному виконанні операцій на кожній РП за одне встановлення, ТМОД може виглядати так: “1-2-3-4-5”. Також можна задавати необхідність обробки за декілька встановлень, тобто задавати перевстановлення на певних РП. Це реалізується повторним вказанням номеру РП, на якій треба виконати обробку за друге, третє тощо встановлення. Наприклад, ТМОД “1-2-2-3-3-3-4-5”, описує необхідність обробки на другій РП за два, а на третій – за три технологічно упорядковані встановлення.

ТМОРП формально визначається як упорядкована послідовність РП (і відповідних переміщень до них та сукупностей дій ПР біля кожної з них), які обслуговуються ПР з метою переміщення всіх задіяних у поточний момент часу в обробці на РП деталей (або ОВ) на одну наступну РП відповідно до їх власних ТМОД. Формалізовано ТМОРП можна представити як масив  $STM[tm]$ , індекси елементів  $tm$  якого представляють собою порядкові номери груп дій ПР по обслуговуванню тієї чи іншої РП, а значення елементів є номерами РП, що обслуговуються за порядком слідування елементів масиву. Порядок слідування елементів ТМОРП відповідає порядку, в якому обслуговуються робочі позиції промисловим роботом. Кожен елемент масиву ТМОРП може відповідати одній з таких

груп дій ПР: зняття ОВ з РП, завантаження ОВ на РП, перевстановлення ОВ на РП (розвантаження, можлива переорієнтація та наступне завантаження) [5, 7–9]. Наприклад, для ГВК з одноруким односхватним ПР без ППЗ для ТМОД з перевстановленнями на третій РП “1-2-3-3-3-4-5” відповідний ТМОРП буде наступним: “4-5-3-3-3-4-2-3-1-2”. Повторення номерів РП означають, що ПР виконує необхідну кількість перевстановлень (перші два однакові елементи відповідають перевстановленням), і лише після обробки на всіх них забирає деталь для переміщення на наступну РП.

Стратегія обслуговування являє собою принцип (схему, спосіб), за яким за допомогою ПР реалізується переміщення всіх задіяних у даний момент у ГВК предметів обробки (тобто ОВ) по множині РП на одну наступну позицію згідно з їх ТМОД [8, 9]. Допустима стратегія визначається типом (технологічними можливостями) ПР, тобто наявністю чи відсутністю декількох рук або декількох ЗП, а також наявністю чи відсутністю ППЗ [1, 8-10]. “Універсальність” стратегії залежить від можливості побудови ТМОРП із урахуванням особливостей (складності) ТМОД (при наявності перевстановлень, технологічних повернень на попередні РП тощо). Для простих випадків найбільш ефективні стратегії обслуговування є очевидними і відомими, а саме для однопредметних ГВК, що обслуговуються одним ПР (з одним чи двома ЗП), із ТМОД послідовно на кожній РП за одне встановлення без застосування ППЗ [1]. Більше того, для однорукого ПР з одним ЗП без використання ППЗ існує єдина можлива стратегія обслуговування РП [1].

При введенні ППЗ в ГВК можна сформулювати достатньо велику множину можливих стратегій обслуговування, які дозволяють більш ефективно вирішувати задачу транспортного обслуговування (можна сформулювати загалом десятки різних стратегій для ППЗ ємності в одну чи дві деталі) [10]. Стратегії обслуговування (особливо при наявності ППЗ) можна класифікувати за різними ознаками, приймаючи до уваги, які глобальні рухи (міжагрегатні переміщення) здійснює ПР для того, щоб всі ОВ перейшли на наступні РП. Зазначимо, що при обслуговуванні ТО (розвантаженні, завантаженні) ПР здійснює глобальні рухи між РП, при цьому в результаті виконуючи сумарне переміщення або від РП входу до РП виходу, або навпаки. Таке одне повне переміщення ПР (сумарний глобальний рух) від вхідної РП до вихідної (або від вихідної до вхідної) в процесі обслуговування ТО назвемо повним глобальним переміщенням або просто повним ходом ПР. Обслуговування ТО може потребувати одного повного глобального ходу ПР або декількох (двох). Відповідно можна виділити стратегії одноходові та двоходові. Стратегії можна класифікувати за формою обслуговування [8, 10]. Існує послідовна форма (коли обслуговування виконується в два повні ходи, при цьому дії розвантаження та завантаження всіх РП повністю відокремлені – спочатку всі РП послідовно розвантажуються, а потім всі завантажуються) та індивідуальна або одночасна форма (коли обслуговування виконується, як правило, в один повний хід, при цьому дії щодо розвантаження та наступного завантаження даної РП суміщені – кожна РП розвантажується і відразу завантажується), а також змішана. Відповідно всі стратегії послідовної форми відносяться до двоходових. Стратегії індивідуальної форми відносяться, як правило, до одноходових. Поняття форми обслуговування розглянуто в роботі [8], в ній також представлено ряд можливих стратегій обслуговування РП при наявності одномісних ППЗ для послідовної форми. При наявності одномісних ППЗ для послідовної форми стратегії можна поділити на: двонаправлені (розвантаження і завантаження робочих позицій ПР виконує в протилежних напрямках) та однонаправлені (розвантаження і завантаження ПР виконує в одному напрямку), на “прямоходові” (завантаження виконується в напрямку від РП входу до РП виходу за ТМОД) та “зворотногоходові” (завантаження виконується в напрямку від РП виходу до РП входу за ТМОД), а також на i-розвантажувальні (розвантаження виконується на ППЗ даної РП) та (i+1)-розвантажувальні (розвантаження виконується на ППЗ наступної за ТМОД РП).

Крім того, при наявності перевстановлень у ТМОД можуть бути різні способи реалізації виконання перевстановлень. Сформовані і реалізовані в даному ПП способи реалізації перевстановлень зводяться до таких: 1) у ході обслуговування перед завантаженням/розвантаженням певної РП – для індивідуальної форми обслуговування; 2) до виконання обслуговування послідовно на кожній РП (для всіх форм); 3) до виконання обслуговування паралельно для всіх РП (для всіх форм); 4) по частинах у ходах розвантаження та завантаження (для змішаної ємності ППЗ – в одну та дві деталі біля різних ППЗ – та двонаправленої стратегії при послідовній формі); 5) лише в ході завантаження (також для змішаної ємності ППЗ та двонаправленої стратегії при послідовній формі).

Різні стратегії обслуговування та відповідні сформовані ТМОРП визначають різний склад та послідовність рухів ПР та відповідно різну протяжність ділянок циклової траєкторії руху ПР при обслуговуванні ТО в циклі роботи, а тому впливають на тривалості переміщень ПР між ТО. Як наслідок, це впливає на тривалість циклу роботи ГВК.

У ситуації, коли вибір стратегії обслуговування та побудова на її основі ТМОРП є багатоваріантними, доцільно виконувати автоматизований пошук оптимальної стратегії на множині їх можливих варіантів. Оцінку, порівняння та вибір можливих стратегій обслуговування може бути виконано за показниками циклової продуктивності ГВК.

Визначення параметрів продуктивності, як зазначалося вище, виконується в ПП за допомогою ІМ. ПП орієнтовано на однопредметні багатOVERSTATні ГВК, що обслуговуються одним ПР без або із використанням ППЗ. ІМ полягає у відтворенні у часі процесів обробки на РП та дій ПР, що передбачаються стратегією обслуговування РП. На основі обраної для певного проектного варіанту ГВК стратегії обслуговування та ТМОД попередньо має бути побудовано ТМОРП, що задає необхідну послідовність дій ПР щодо обслуговування РП. Для виконання ІМ необхідно формувати ТМОРП з моменту початку роботи ГВК (тобто з моменту надходження першої деталі в обробку), що базується на наступних положеннях. Послідовність РП, які обслуговуються ПР та періодично повторюються в циклі роботи ПР (коли всі одиниці ТО завантажені та виконують обробку), названа послідовністю встановленого режиму (ПВР) за складом дій. Визначення тривалості циклу виконується як фіксація початку/завершення та обчислення тривалості відпрацювання ПВР. Тривалість виконання дій ПР впродовж ПВР може не відразу бути сталою, тому може бути необхідне неодноразове повторення цієї послідовності. Як тільки буде зафіксовано, що тривалість виконання дій ПР протягом ПВР є сталою, тобто досягнуто встановлений режим за часом виконання, тоді тривалість відпрацювання ПВР буде тривалістю циклу роботи ГВК [5, 6]. Ці положення, а також те, що ГВК в контексті ІМ є системою, яка має передісторію (поточний стан імітаційної моделі визначається на основі попередніх станів), обумовлює необхідність виконання ІМ від самого початку роботи ГВК. З цього випливає необхідність формування ТМОРП з моменту початку роботи ГВК до виходу на встановлений режим у циклі. Для цього в масив ТМОРП вноситься послідовність дій ПР не тільки у встановленому режимі (тобто ПВР), а й від початку роботи до виходу на нього – послідовність виходу на встановлений режим (ПВВР). Крім того, можливим є автоматичне формування ТМОРП до закінчення роботи ГВК, що при моделюванні дозволяє визначити загальний час обробки партій деталей та середню циклову продуктивність, що є актуальним для відносно невеликих партій деталей. Для цього в масив ТМОРП додається послідовність завершення роботи (ПЗР) – послідовність обслуговування РП з моменту закінчення заготовок на вході ГВК до отримання на виході останньої готової деталі. ТМОРП, який відповідає всій роботі ГВК, може бути побудовано як упорядкований набір окремих ТМОРП, кожен з яких є певними ПВР, але для різного числа РП. При цьому ПВВР та ПЗР формуються як упорядкована множина (набір) ТМОРП, побудованих у встановленому режимі для кількості РП, що змінюється від двох до їх дійсного числа. ПЗР формується шляхом послідовного

виключення з розгляду тих РП, які остаточно звільнилися від обробки деталей, та додавання в ТМОРП відповідних ПВР аж до кількості РП, рівної двом [5, 6]. Прийняті правила дозволили використати один і той самий алгоритм як для формування ПВР, так і для ПБВР та ПЗР.

*Опис програмної реалізації.* Програмний продукт в основному призначений для вирішення задач синтезу оптимальних проектних рішень, хоча може використовуватись лише для аналізу існуючих варіантів ГВК. Першою з двох головних задач ПП є формування оптимального розміщення ТО для РП, що має робочу зону (РЗ) довільної складної форми, в просторі по трьох координатах. При цьому виконується пошук оптимальних варіантів розміщення за висотою проходження траєкторії міжагрегатного переміщення (ТМП) РП, а також на множині порядків розташування одиниць ТО вздовж ТМП РП. Другою головною задачею ПП є синтез оптимальних ТМОРП промисловим роботом. Множиною пошуку є варіанти стратегій обслуговування РП, що визначаються технологічними можливостями РП (наявністю/відсутністю декількох схватів/рук) та наявністю/відсутністю ППЗ. Критерієм оптимального варіанта розміщення чи побудови ТМОРП є мінімум тривалості циклу роботи ГВК, що визначається для кожного варіанту на множині пошуку шляхом імітаційного моделювання. При цьому оптимізація може виконуватись як окремо на множині порядків розміщення ТО або на множині стратегій обслуговування ТО, так і на множині всіх їх комбінацій.

При відсутності потреби виконувати задачі синтезу (для існуючих ГВК) є можливість виконувати аналіз роботи ГВК, не виконуючи задачу розміщення ТО. Для цього необхідно задати всі необхідні початкові дані (склад ТО, тип РП тощо), в тому числі обрати необхідну стратегію обслуговування, та обов'язково виконати процедуру формування ТМОРП. Після чого є можливим задання необхідних часових параметрів (тривалості обробки, переміщень РП тощо) та виконання ІМ із визначенням показників продуктивності.

Вирішення задачі визначення показників продуктивності починається із введення початкових даних на вкладці “Вихідні дані”. Отже, необхідно виконати наступні дії.

1. На сторінці “Вибір складу ОТО” вкладки “Структурні елементи” (рис. 1, а) внести в перелік ТО одиниці ОТО з відповідної бази даних (БД), для кожної одиниці ТО виділяючи необхідний рядок у таблиці ОТО та натискаючи кнопку “Додати” або “Вставити” (можна сортувати ТО в переліку кнопками “Вниз” та “Вгору”, видаляти окремі одиниці кнопкою “Видалити” або очищувати весь перелік кнопкою “Видал. все”).

2. Аналогічним чином на сторінці “Вибір РП входу/виходу” вкладки “Структурні елементи” внести в перелік ТО позиції входу та виходу ГВК.

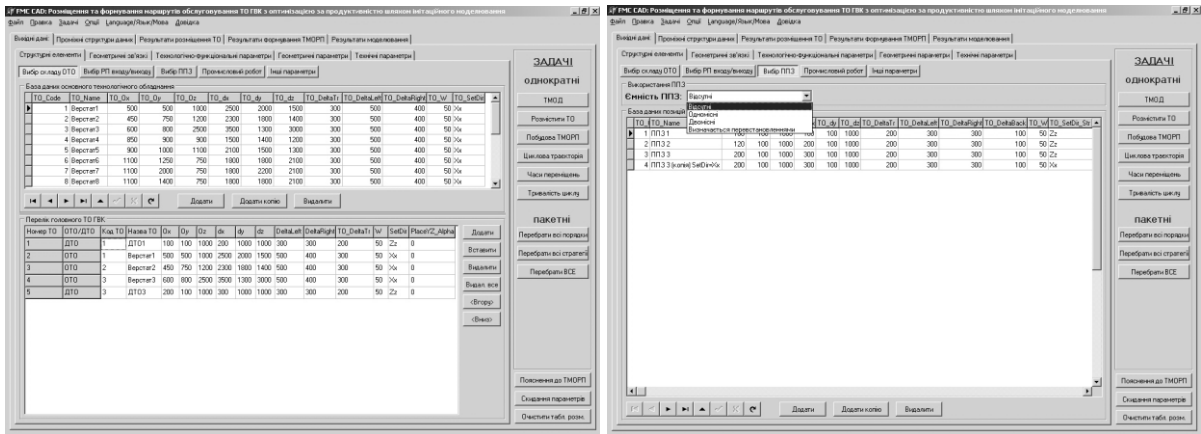
3. На вкладці “Вибір ППЗ” вкладки “Структурні елементи” у випадяючому переліку “Ємність ППЗ” обрати пункт, що відповідає типу ППЗ, якщо вони використовуються (рис. 1, б). Модель ППЗ в БД для даної задачі значення не має.

4. На вкладці “Вибір РП” вкладки “Структурні елементи” у випадяючому переліку “Тип РП” обрати необхідний тип РП, наприклад, однорукий з одним ЗП (рис. 1, в). Модель РП в БД для даної задачі значення не має.

5. При необхідності промодельювати обробку всієї партії деталей задати кількість деталей у партії та встановити прапорець “Модельювати обробку всієї партії” на вкладці “Інші параметри” вкладки “Структурні елементи”.

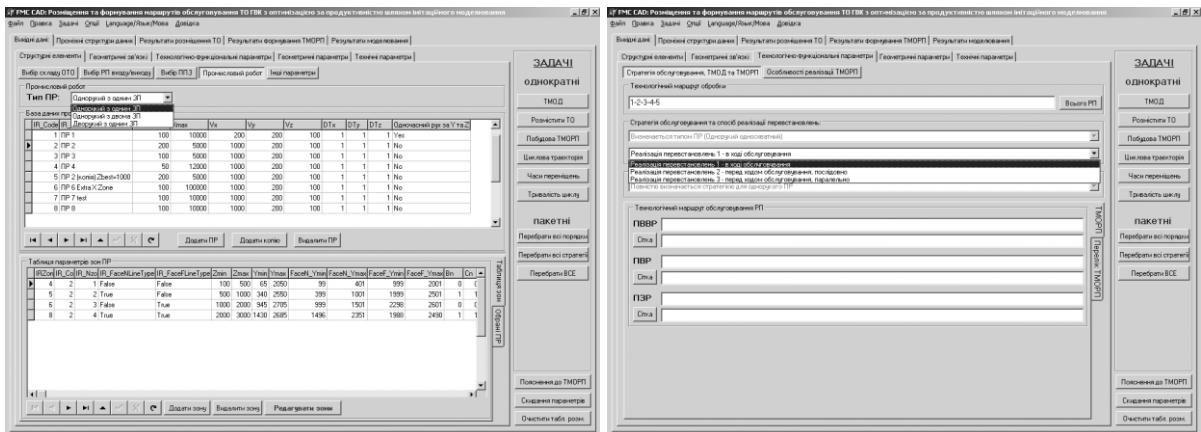
6. Активувати вкладку “Технологічно-функціональні параметри” та на вкладеній сторінці “Стратегія обслуговування, ТМОД та ТМОРП” (рис. 1, г) задати необхідний ТМОД. Найпростіший ТМОД типу “1-2-3-4-5” можна сформулювати автоматично, натиснувши кнопку “ТМОД” на панелі задач вкладки “Вихідні дані”. Також необхідно обрати стратегію обслуговування та спосіб реалізації перевстановлень. При відсутності ППЗ стратегія обслуговування недоступна для обрання (оскільки повністю визначається типом РП). Також при відсутності перевстановлень у ТМОД вибір способу реалізації перевстановлень не впливає на результат побудови ТМОРП.





а)

б)



в)

г)

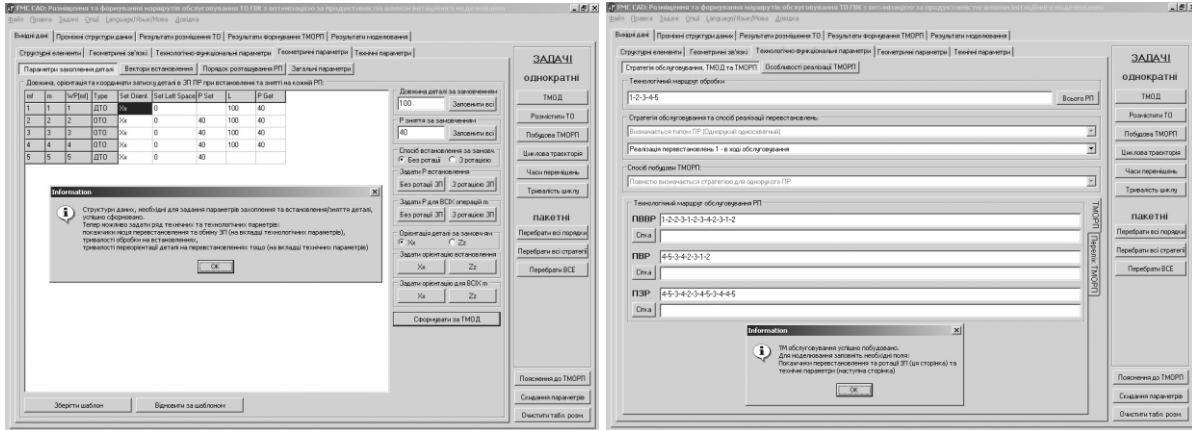
Рисунок 1 – Екранні форми задання вихідних даних (складу ТО, типів PR та ПЗЗ, ТМОД та стратегії обслуговування ТО)

7. Бажано (але необов'язково) на сторінці “Параметри захоплення деталі” вкладки “Геометричні параметри” натисканням кнопки “Сформувати за ТМОД” (рис. 2, а), сформувати шаблон для параметрів встановлень ОВ на РП та затиску в ЗП PR (з автоматичною побудовою необхідних проміжних структур даних). Якщо це не зробити, то структури даних будуть сформовані автоматично при побудові ТМОРП.

8. Натиснути кнопку “Побудова ТМОРП” на панелі задач вкладки “Вихідні дані”. У залежності від виконання попереднього пункту з'явиться одне з двох вікон попередження, в якому треба підтвердити виконання операції. У разі необхідності отримати таблицю описів дій ТМОРП потрібно попередньо встановити прапорець “Будувати таблицю описів елементів ТМОРП” у пункті головного меню “Опції”.

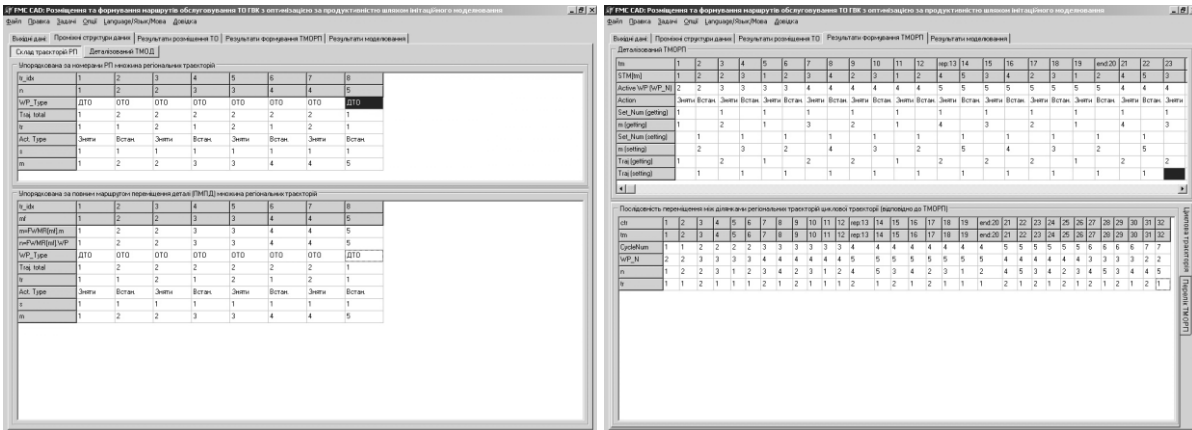
9. У разі успішної побудови ТМОРП він виводиться на сторінці “Технологічно-функціональні параметри” (рис. 2, б) у вигляді трьох або двох (якщо не було встановлено прапорець “Моделювати обробку всієї партії”) частин: ПВВР, ПВР та ПЗР. У випадку, якщо було ввімкнено опцію “Будувати таблицю описів елементів ТМОРП”, буде додатково виведено вікно з роз'ясненням кожного елемента ТМОРП. Також будуть виділені початковий та кінцевий елементи ПВР, що повторюється в циклі. Якщо ТМОРП до цього не будувався, буде автоматично виконано формування заготовки для масивів параметрів тривалостей обробки та рухів PR за шаблоном, а також показано вікно повідомлення із запитом встановити всі часові параметри в значення за замовченням. Запит варто підтвердити. При необхідності в подальшому спеціально встановити всі часові параметри в значення за замовченням необхідно натиснути кнопку “Скидання параметрів” на панелі задач вкладки “Вихідні дані”. Після побудови ТМОРП буде автоматично сформовано склад траєкторій PR та інші важливі структури даних.

Проконтролювати правильність побудови проміжних структур даних (та правильність інтерпретації ТМОД) можна на сторінках “Склад тракторій РП” (рис. 3, а) та “Деталізований ТМОД” вкладки “Проміжні структури даних”.



а) б)  
Рисунок 2 – Екранні форми виконання проміжних задач формування “масиву параметрів встановлення деталі” та ТМОРП

10. Після побудови ТМОРП на вкладці “Технічні параметри” можна задати тривалості обробки на РП (вкладка “Часи обробки на РП”, рис. 4, а). Перед заданням тривалостей рухів РР бажано виконати побудову “Циклової траєкторії”, натиснувши кнопку “Циклова траєкторія” (її в будь-якому випадку потрібно будувати перед виконанням моделювання).



а) б)  
Рисунок 3 – Екранні форми результату формування проміжних структур даних

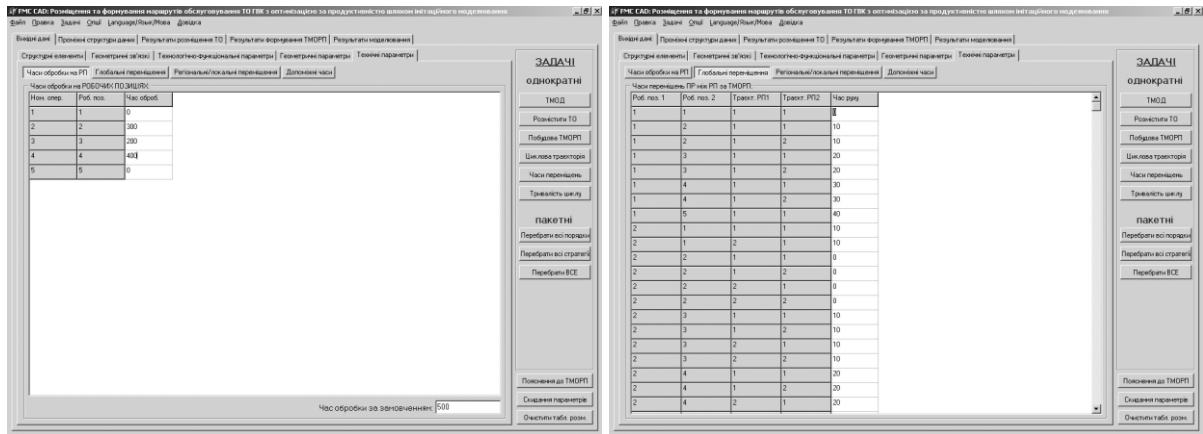
11. Для виконання моделювання необхідно задати тривалості переміщень між всіма парами регіональних траєкторій, задіяними в глобальних рухах за ТМОРП (вкладка “Глобальні переміщення” (рис. 4, б). Визначити, між якими траєкторіями здійснюються рухи РР, можна вручну на основі інформації зі сторінки “Результати формування ТМОРП” (рис. 3, б). Для того, щоб легко побачити, які саме тривалості глобальних рухів треба задати, можна виконати наступне. Зберегти поточні введені дані у файл (пункт головного меню “Файл|Зберегти проект як...”), а потім перевідкрити його (пункт головного меню “Файл|Відкрити проект”). У такому випадку всі часи незадіяних глобальних рухів буде встановлено в 0, що дозволить легко визначити потрібні для задання параметри.

12. Далі треба задати тривалості регіональних рухів (для всіх регіональних траєкторій) та локальних рухів (для кожного встановлення) на сторінці “Регіональні/локальні

переміщення” вкладки “Технічні параметри” (рис. 4, в), а також тривалості допоміжних рухів на сторінці “Допоміжні часи” (рис. 4, г).

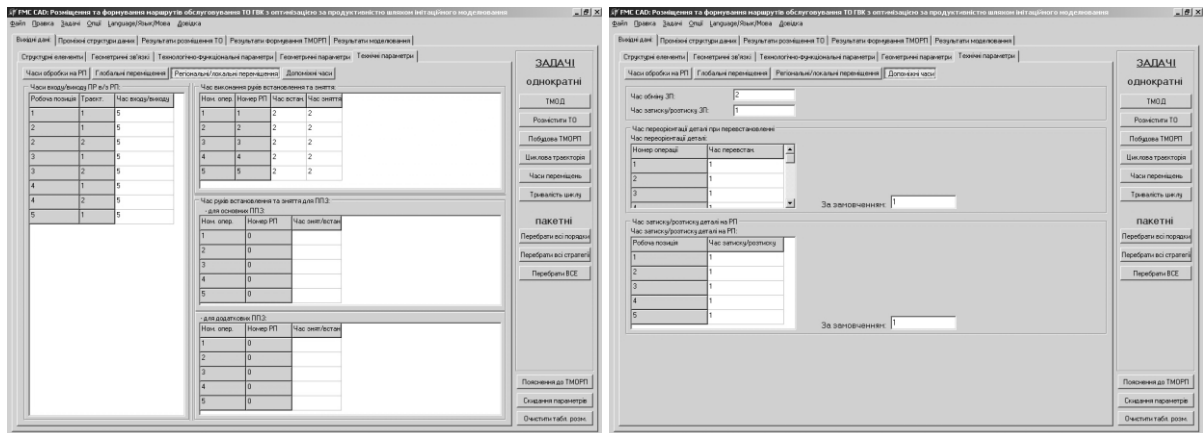
13. При необхідності отримати таблицю подій ГВК (таблицю переходів ПР) потрібно встановити прапорцець “Будувати таблицю подій” у пункті головного меню “Опції”.

14. Натиснути кнопку “Тривалість циклу” на панелі задач вкладки “Вихідні дані”. У результаті буде виконано ІМ та визначено показники циклової продуктивності для встановленого режиму (рис. 5, а), а також у випадку моделювання обробки всієї партії деталей – усереднені показники для всього часу роботи ГВК, які буде наведено на вкладці “Результати моделювання”. Якщо було задано побудову таблиці подій, її буде представлено на окремій формі (рис. 5, б).



а)

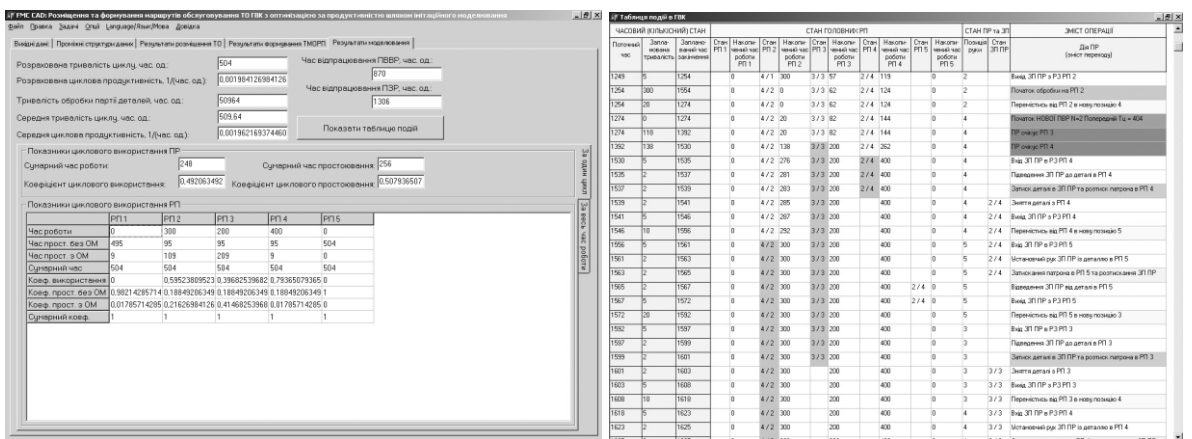
б)



в)

г)

Рисунок 4 – Екранні форми задання тривалостей обробки, рухів ПР та спрацювання ЗП



а)

б)

Рисунок 5 – Екранні форми результату ІМ

Таблиця переходів (або подій) ілюструє послідовність подій, що настають в імітаційній моделі ГВК в процесі моделювання: передачі деталі з ТО до ПР та навпаки, вхід/вихід ПР в/з РЗ ТО, переміщення ПР між одиницями ТО, очікування промисловим роботом закінчення обробки на певних одиницях тощо. Усі події наочно представляються в таблиці подій разом з інформацією про їх моменти настання, тривалості та стани РП та ПР при цьому.

Програмний продукт розроблено мовою програмування Object Pascal засобами середовища програмування Borland Delphi 6 при використанні стандартної бібліотеки візуальних компонентів даного середовища VCL та технології доступу до баз даних BDE.

Для роботи програмного продукту потрібен комп'ютер архітектури Intel x86 (або сумісної) із встановленою операційною системою Microsoft WINDOWS 9x/NT/2000/XP (або сучаснішою), а також встановлені на комп'ютері драйвери доступу до баз даних BDE. Для роботи програми (а саме драйверів доступу до баз даних) необхідні адміністративні права користувача. Мінімальна конфігурація комп'ютера визначається вимогами операційної системи. Також для зберігання баз даних може потребуватися в середньому від 50 до 300 Мб пам'яті на жорсткому диску (в залежності від варіанту ГВК, що проектується).

**Висновки.** Розроблена методика та алгоритмічне забезпечення формування маршрутів обслуговування та імітаційного моделювання роботи ГВК реалізовані в розробленому ПП, який у цілому дозволяє виконувати наступні задачі при проектуванні (синтезі та аналізі) ГВК: 1) розміщення ТО відносно ПР з прямокутною декартовою системою координат; 2) формування (синтез) ТМОПП згідно з заданими стратегіями обслуговування; 3) визначення показників циклової продуктивності (тривалість циклу, власне циклову продуктивність, коефіцієнти циклового використання ТО тощо) для одного циклу роботи (у встановленому режимі роботи) та для всієї партії деталей (усереднені параметри циклової продуктивності, а також загальний час обробки партії деталей, тривалість виходу на встановлений режим, тривалість завершення роботи тощо) методом ІМ. Також у результаті ІМ є можливим автоматичне отримання таблиці переходів ПР (складу дій) при роботі ГВК, що визначає склад переміщень ПР, рух ОВ, роботу ТО в циклі тощо. Є також можливість виконувати аналіз роботи існуючих ГВК (при відсутності потреби виконувати задачі синтезу). Отже, програмний продукт є достатньо гнучким у своєму використанні, тобто дозволяє вирішувати проектні задачі в різній повноті (наприклад, для всіх варіантів, з метою пошуку оптимального, або лише для одного задовільного варіанту) та дещо різній послідовності (наприклад, пропускаючи деякі з проектних задач).

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бурдаков С.Ф. Проектирование манипуляторов ПР и роботизированных комплексов / С.Ф. Бурдаков, В.А. Дьяченко, А.Н. Тимофеев. – М.: Высш. шк., 1986. – 264 с.
2. ГОСТ 26228-90. Системы производственные гибкие. Термины и определения, номенклатура показателей. – Введ. 07.06.90. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 10 с.
3. Довбня Н.М., Кондратьев А.Н., Юревич Е.И. Роботизированные технологические комплексы в ГПС. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1990. – 303 с.
4. Івахненко Ю.В., Кирилович В.А., Сачук І.В. Автоматизоване формування траєкторії переміщення схвата агрегатно-модульних промислових роботів за мінімумом точок позиціонування // Вісник ЖІТІ. – Технічні науки. – Спеціальний випуск. – 2002. – С. 85-92.
5. Кирилович В.А., Підтиченко О.В. Імітаційне моделювання в проблемі вдосконалення задачі автоматизованого планування обладнання гнучких виробничих систем // Вісник ХНУ / Технічні науки. Ч. 1. Т. 2. – 2005. – № 5. – С. 115-121.

6. Кирилович В., Підтыченко А. Имитационное моделирование для определения производительности гибких производственных систем // Systemy informacyjne w kształceniu technicznym. Red. Antoni Swic. – Lublin: Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Lubelskiej, 2005. – S. 51-56.
7. Кирилович В.А., Підтиченко О.В. Состав математической модели гнучких виробничих комірок для задачі автоматизованого планування обладнання // Оптимизация производственных процессов. – № 9. – Севастополь, СевНТУ, 2006. – С. 46-53.
8. Кирилович В.А., Підтиченко О.В., Сачук І.В. Підвищення ефективності обслуговування промисловими роботами робочих позицій механоскладальних ГВС при використанні позицій проміжкового зберігання // Вісник ЖДТУ. – 2006. – № 1 (36) / Технічні науки. – С. 102-111.
9. Кирилович В.А., Підтиченко О.В., Сачук І.В. Стратегії обслуговування промисловими роботами робочих позицій механоскладальних ГВС // Вісник ЖДТУ. – 2005. – № 3 (34) / Технічні науки. – С. 66-75.
10. Козловский В.А. Организационные и экономические вопросы построения производственных систем. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981. – 216 с.
11. Козырев Ю.Г., Кудинов А.А., Булатов В.Э. и др. Роботизированные производственные комплексы / Под ред. Ю.Г. Козырева, А.А. Кудинова. – М.: Машиностроение, 1987. – 270 с.
12. Лищинский Л.Ю. Структурный и параметрический синтез гибких производственных систем. – М.: Машиностроение, 1990. – 312 с.
13. Романов В.А. Математическое и программное обеспечение задач выбора и размещения оборудования на участке машиностроительного производства. – Дис. канд. физ.-мат. наук: 05.13.11 / Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша. – М., 1986. – 133 с.
14. Сачук І.В. Автоматизований вибір агрегатно-модульних промислових роботів для ГВС. – Дис.... к.т.н.: 05.13.20 / НТУУ "КПІ". – К., 2005. – 227 с.
15. Keramas James G. Robot technology fundamentals. – New York, Delmar Publishers, 1999. – 408 p.

## **АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ**

Коваленко И.И.

Черноморский государственный университет им. Петра Могилы (Николаев, Украина),  
Швед А.В.

Николаевский национальный университет им. В.А. Сухомлинского (Украина)

**Введение.** На сегодняшний день предъявляются высокие требования к качеству функционирования, надежности и эффективности ряда информационных систем. Это способствует постоянной модернизации аппаратных средств и быстрому увеличению структурной сложности и размеров современных программ и программных комплексов. В свою очередь, постоянное наращивание сложности программных комплексов, как правило, ведет к неизбежному увеличению количества сбоев и отказов их функционирования. Подобные отказы, причиной которых могут быть исходные ошибки в тексте программ, неудовлетворительное качество программ либо данных, могут приводить к огромному ущербу. В связи с этим все более актуальной становится проблема изучения подобных отказов, анализа качества, надежности функционирования и эффективности создаваемых и эксплуатируемых программных средств (ПС), а также разработка методов, дающих возможность объективно оценить и измерить характеристики качества ПС.

**Постановка задачи.** Целью данной работы является формализация задачи оценки качества программных продуктов, анализ и систематизация метрических характеристик и показателей качества ПС.

**Изложение основного материала.** Согласно [1], требования к ПС должны включать в себя измеряемые показатели качества в задачах по качеству, а также четкие критерии качества. Под качеством ПС понимают степень соответствия реальных показателей качества описанным требованиям, т.е. совокупность свойств, обуславливающих способность ПС удовлетворять потребности пользователей и специалистов, участвующих в создании и сопровождении ПС. Надежность ПС [2] определяется качеством его компонент – модулей и функциональных групп программ. Оценка качества ПС представляет собой совокупность операций, состоящих из выбора номенклатуры показателей оцениваемого программного продукта, определения значений этих показателей и сравнения их с базовыми значениями.

Вопросы и методы оценки качества рассматривались в фундаментальных работах по оценке качества ПС [2, 3]. Большое число сравниваемых слабоформализованных факторов (характеристик качества ПС), наличие множества государственных и международных стандартов, нечеткое определение, расплывчатость в определении многих свойств, характеризующих качество ПС, неоднозначность критериев при оценке тех или иных свойств программ, – все это порождает многообразие мер, метрик качества ПС и создает значительные трудности в выборе методов и средств проведения метрологических исследований ПС, способных объективно ранжировать (упорядочить) программы по выделенному критерию качества. Таким образом, одной из первоочередных задач при оценке качества ПС является формализация характеристик качества ПС и методологии их оценки.

В работе выделено 6 основных групп показателей, позволяющих адекватно оценить качества ПС: надежности, сопровождаемости, эффективности, переносимости, удобства применения, функциональной пригодности. Также можно отметить показатели психологической сложности, показатели трудоемкости разработки, интегральные показатели качества. Перечисленные признаки (показатели качества) являются достаточно расплывчатыми и трудно поддаются количественному выражению. Оценить такие показатели можно, например, используя методы экспертного оценивания [4], или описать

некоторым набором параметров, доступных количественному измерению, так называемыми метриками, мерами качества (меры Генри-Кафуры, Холстеда, Мак-Кейба, Мак-Клура и др.), и таким образом получить количественную оценку показателей, характеризующих качество программ, относительно выбранной метрики, меры качества. Выбор мер, метрик измерения свойств ПС зависит от назначения, выполняемых функций и класса программ, к которому относится ПС.

Выделенные в работе характеристики качества программ можно отнести к трем категориям метрик [2]: номинальные метрики применимы для описания функциональной пригодности ПС; количественные метрики применимы для измерения надежности и эффективности ПС; качественные метрики применимы для оценивания таких характеристик, как сопровождаемость, переносимость, удобство применения ПС. Каждая из выделенных категорий метрик позволяет выразить значения показателей свойств программ в определенной форме, например, количественные метрики выражают значения оцениваемых показателей в реально измеряемых физических величинах.

**Выводы.** Проведенный анализ метрических характеристик качества программных средств позволил выделить показатели качества программных средств, установить и систематизировать меры и метрики, способные объективно измерить характеристики качества ПС на основе определенных количественных или качественных показателей. Предложенная в работе методология оценки характеристик качества ПС, может быть положена в основу системы поддержки принятия решений оценки качества программных средств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дубровин В.И., Дорошенко Ю.А. Оценка качества программных продуктов // Управляющие системы и машины. – 2001. – № 5. – С. 34-38.
2. Липаев В.В. Методы обеспечения качества крупномасштабных программных средств. – М.: Синтег, 2003. – 520 с.
3. Боэм Б. Характеристика качества программного обеспечения. – М.: Мир, 1981. – 208 с.
4. Изосимов А.В., Рыжко А.Л. Оценка конструктивных характеристик качества программного обеспечения // Управляющие системы и машины. – 1989. – № 1. – С. 45-50.

## **ПОВЕДІНКОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРИСТУВАЧІВ ЯК МІРА РЕЛЕВАНТНОСТІ ВЕБ-РЕСУРСІВ**

Кольченко М.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(Україна)

Кількість інформації в Інтернеті експоненційно збільшується, а разом з нею збільшується і кількість користувачів, що звертаються до пошукових систем. Це зростання та кількість пошукових запитів призводить до підвищення вимог до швидкості роботи пошукових машин, їх якості та наочності результатів пошуку. Зараз вже важко вигадати такий запит, за яким можна знайти менше десяти сторінок. За багатьма запитами ми отримуємо мільйони сторінок. Тому, щоб задовольнити потреби користувача, пошукова система має зібрати та опрацювати мільярди сторінок, і ця кількість щороку збільшується.

Час-від-часу пошукові машини повертають результати, що не відповідають запитам користувачів, актуальною є проблема підвищення ефективності пошуку. Ідеальною пошуковою машиною Ларрі Пейдж (засновник Google) назвав таку машину, «яка точно розуміє, що ви маєте на увазі, і повертає саме те, що ви хочете».

Як відомо, пошукова система має розташувати знайдені сторінки в потрібному порядку – так, щоб зверху були такі сторінки, найбільш відповідають користувачеві. Тобто, найбільш релевантні результати мають бути розташовані нагорі.

Релевантність у «фізичному сенсі» визначається числом, що розраховується для кожного посилання в результатах пошуку. Однак найчастіше про релевантність кажуть в іншому сенсі, – як ступінь відповідності знайденої інформації по відношенню до запиту в пошуковій системі. У цьому розумінні термін «релевантність» позбавлений об'єктивності, бо корисність інформації визначається кожним окремим користувачем, і може бути різною, а в деяких випадках і діаметрально протилежною.

Останнім часом розробники прагнуть зробити алгоритми пошукових систем максимально наближеними і схожими на те, як мислять і діють живі люди. Але, не зважаючи на складність сучасних технологій, коли йде мова про взаємодію «людина – машина» («пошукова машина – користувач»), «машинна» частина інтерфейсу легше піддається розумінню, ніж «людська» – що є набагато більш складною та мінливою. Тому, перш за все, потрібно зосередитися на тому, що спільного мають користувачі з точки зору їх поведінки на веб-сторінках. Для цього потрібно мати уявлення про те, як вони діють, слід відчувати труднощі, з якими вони стикаються в процесі пошуку та перегляду веб-сторінок. Хоча користувачі мають різні потреби в залежності від конкретної задачі, тим не менш, вони зазвичай проявляють багато спільних поведінкових характеристик.

Отже, дати оцінку відповідності результатів пошуку потребам користувачів, можна двома шляхами: під час перегляду результатів пошукової видачі, та після того, як здійснено перехід на веб-ресурс зі сторінки результатів. Формула, за якою обчислюється релевантність сторінки. В іншому випадку, оцінка релевантності визначається самим користувачем. У свою чергу, можна розрізняти явні та неявні поведінкові характеристики користувачів. Такі дії, як голосування та коментування, пошук та збереження в закладки – це явні характеристики. З іншого боку, перехід по сторінках, час, проведений на сторінці, активність на сторінці (копіювання інформації, рухи мишею, та ін.) – це неявні поведінкові характеристики. Наступним кроком у роботі є остаточне визначення поведінкових характеристик користувачів, розробка методики оцінки релевантності Інтернет-ресурсів, розробка алгоритму для оцінки релевантності та розробка програмного забезпечення у вигляді скриптів та розширень для популярних веб-браузерів.



## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В ПОРТФЕЛЕ ПРОЕКТОВ

Кошкин К.В., Гайда А.Ю.

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова  
(Николаев, Украина)

**Введение.** В последнее время в области управления проектами разрабатываются модели и методы управления портфелями проектов. При этом возникает необходимость в распределении ресурсов между проектами таким образом, чтобы в максимальной степени учесть как потребности отдельных проектов, так и организации, реализующей эти проекты. В зависимости от характера влияния количества ресурса на результат реализации проекта – линейный или нелинейный – для решения задач управления ресурсами применяют методы линейной и нелинейной оптимизации. Пример применения методов линейной оптимизации управления ресурсами представлен в хрестоматийной задаче линейного программирования – задаче о солдатаках и паровозиках “Giapetto” [4]. В тех случаях, когда необходимо учитывать время на перемещение ресурса между отдельными проектами, задача оптимизации превращается в две задачи: собственно задачу оптимизации и более сложную и ресурсоемкую задачу коммивояжера. Решение таких задач требует значительного времени и вычислительных ресурсов, а применяемые стохастические алгоритмы чаще всего позволяют получить только приближенное к наилучшему решение [1].

**Актуальность исследований** в данной области определяется широким использованием проектного подхода в управлении предприятиями.

**Постановка задачи.** В связи с тем, что решение задач распределения ресурсов является достаточно ресурсоемким и приближенным, необходимо исследование методов решения задач, прежде всего целочисленной нелинейной оптимизации, с целью поиска и возможной модификации таких, которые позволят решать такие задачи за наименьшее время и с наилучшим приближением к «абсолютному» решению. Целочисленный характер значительной части задач в области управления проектами делает невозможным применение методов, базирующихся на вычислении производной целевой функции. К таким методам относятся многие симплекс-методы [1], [4].

**Результаты исследований.** В качестве методов решения задач целочисленного нелинейного программирования были апробированы стохастические методы и алгоритмы решения оптимизационных задач [2]: генетический алгоритм (GA); метод роя частиц (PSO); муравьиный алгоритм (ACO); дифференциальная эволюция (DE). В процессе апробации решались следующие задачи:

- решение задачи «Судоку», состоящей в поиске способа заполнения матрицы целочисленных значений с определенными ограничениями;
- решение задачи распределения времени специалистов между несколькими одновременно выполняющимися проектами проектной организации;
- решение задачи выбора гибридов и распределения посевных площадей и производственных ресурсов для сельскохозяйственного предприятия.

Решение первой задачи позволило выполнить хотя и упрощенное, но формализованное моделирование процесса распределения ресурсов без учета времени перемещения ресурса. При решении второй задачи формализованные методы были апробированы для оптимального распределения рабочего времени специалистов между проектами реального предприятия. При решении последней задачи формализованные методы были апробированы для решения задачи распределения ресурсов с учетом времени перемещения.

Качество примененного алгоритма определялось на основе среднего количества итераций, скорости схождения и степени приближения к наилучшему решению. В первом

случае также определялся процент неправильных решений (так как всегда было известно «абсолютное» решение), а во втором случае – максимальное (минимальное) найденное значение целевой функции и дисперсия наилучших полученных решений.

В результате анализа полученных решений отмечена различная и значительная чувствительность каждого из алгоритмов как к размерности задачи, так и степени разреженности множества целочисленных входных данных; различная чувствительность к настройкам: размеру популяции, параметрам кроссовера, вероятности мутаций и подобным.

На основе результатов анализа были внесены улучшения в отдельные алгоритмы – в генетическом алгоритме, например, был улучшен алгоритм кроссовера, что позволило резко уменьшить число клонов в популяции и решать задачу оптимизации с меньшей популяцией при том же достижимом качестве получаемого решения. Кроме этого, была реализована математическая модель и программный модуль, которые в ходе решения задачи оптимального распределения ресурсов выбирали 1-2 алгоритма, обеспечивающих скорейшее решение задачи с наилучшим приближением к оптимальному.

В дополнение к приведенным методам и алгоритмам была реализована нейронная сеть, на вход которой подавались найденные в каждом из алгоритмов решения, чем имитировался процесс обучения сети, с дальнейшими попытками получения решения от обученной таким образом сети. Полученные результаты оказались худшими и в достаточно сильной степени зависят от выбираемой топологии сети.

Полученные научные и практические результаты применены в автоматизированной системе управления проектами проектно-ориентированной организации.

**Выводы.** Решение целочисленных задач распределения ресурсов требует выбора алгоритмов, наиболее соответствующих размерности и степени разреженности множеств входных данных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Базара М., Шетти К. Нелинейное программирование: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 583 с.
2. Бирюков С.И. Оптимизация. Введение в теорию. Численные методы. – М.: МЗ-пресс, 2003. – 244 с.
3. Юдин Д.Б. Математические методы управления в условиях неполной информации (Задачи и методы стохастического программирования). – М.: “Сов. радио”, 1974. – 400 с.
4. Набор средств для линейного программирования GNU: Часть 1: Введение в линейную оптимизацию [Электронный ресурс] – Режим доступа:  
<http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/1-glpk1/>

## КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Кошкин К.В., Фарионова Т.А., Яни А.Ю., Белякова Д.С.  
Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова  
(Николаев, Украина)

**Вступление.** Деятельность, связанная с проектированием, внедрением и использованием информационных технологий, в значительной степени влияет на процесс достижения предприятием успехов в конкурентной борьбе, присущей рыночной экономике. Это обуславливает необходимость обоснованного подхода к процессу оценки эффективности информационных технологий.

**Актуальность исследования.** Проектирование и внедрение информационных систем на предприятиях является длительным, трудоемким и высокозатратным процессом [1]. Наибольшие сложности при реализации ИТ-проекта возникают на этапе планирования. Они связаны с тем, что на этом этапе достаточно тяжело спрогнозировать экономическую эффективность ИТ-проекта.

Количественная оценка эффективности ИТ-проекта определяется соотношением «затраты-результат». Для оценки затрат ИТ-проекта целесообразно использовать методологию ТСО [2]. При оценке затрат с использованием ТСО учитываются как прямые, так и непрямые затраты.

На этапе планирования процесс принятия решения связан с выбором оптимальной конфигурации информационной системы с точки зрения эффективности деятельности предприятия. В процессе принятия решения учитывается изменение показателей эффективности предприятия в зависимости от выбранной структуры ИС [3].

Когнитивное моделирование позволяет в условиях взаимовлияния и многофакторности выполнить исследование ИС и направлений их совершенствования. Одним из важнейших критериев являются затраты, учёт которых просто необходим для того, чтобы внедрение информационной системы было прибыльным, качественным и могло обеспечить конкурентоспособность предприятия.

**Целью работы** является разработка когнитивной модели для выбора оптимальной конфигурации ИС в условиях ограниченного бюджета с использованием метода ТСО.

**Результаты исследования.** Компоненты информационной системы, её внедрение можно отнести к прямым затратам, в свою очередь сопровождение относится к косвенным затратам.

Так как методология ТСО учитывает затраты, причём не только непосредственно прямые, но и косвенные, то вполне актуальным будет применение её для построения когнитивной матрицы и когнитивной карты на этапе проектирования информационной системы. Это даст возможность учесть необходимые затраты и уменьшить их, обеспечив при этом максимально выгодную стратегию дальнейшего развития предприятия или организации.

Для построения когнитивной модели с применением методологии ТСО выделим пять основных групп концептов:

1. Компоненты информационной системы: сетевое аппаратное обеспечение ( $X_1$ ); программное обеспечение ( $X_2$ ); аппаратное обеспечение ( $X_3$ ).
2. Внедрение информационной системы: установка и настройка аппаратного обеспечения ( $X_4$ ); установка и настройка программного обеспечения ( $X_5$ ).
3. Сопровождение ИС: мониторинг ( $X_6$ ); обучение персонала ( $X_7$ ); техническая поддержка системы ( $X_8$ ); возможность модернизации ( $X_9$ ).

4. Эффективность информационной системы: надёжность ( $X_{10}$ ); экономичность ( $X_{11}$ ); производительность ( $X_{12}$ ).

5. Эффективность деятельности предприятия ( $X_{13}$ ).

Следует выделить влияние концептов друг на друга. Так компоненты информационной системы ( $X_1 - X_3$ ) влияют на эффективность работы разрабатываемой информационной системы ( $X_{10} - X_{12}$ ), так же от них зависит стоимость процессов внедрения информационной системы ( $X_4 - X_5$ ) и стоимость сопровождения при внедрении ( $X_6 - X_9$ ). В свою очередь эффективность информационной системы ( $X_{10} - X_{12}$ ) непосредственно влияет на эффективность деятельности всего предприятия в целом ( $X_{13}$ ). Все влияния в данном случае являются прямопропорциональными.

Когнитивную модель, которая позволяет выбрать наиболее эффективную конфигурацию информационной системы в условиях ограниченного финансирования, представим в виде ориентированного графа. На рисунке 1 приведена разработанная для проектирования информационной системы когнитивная модель.

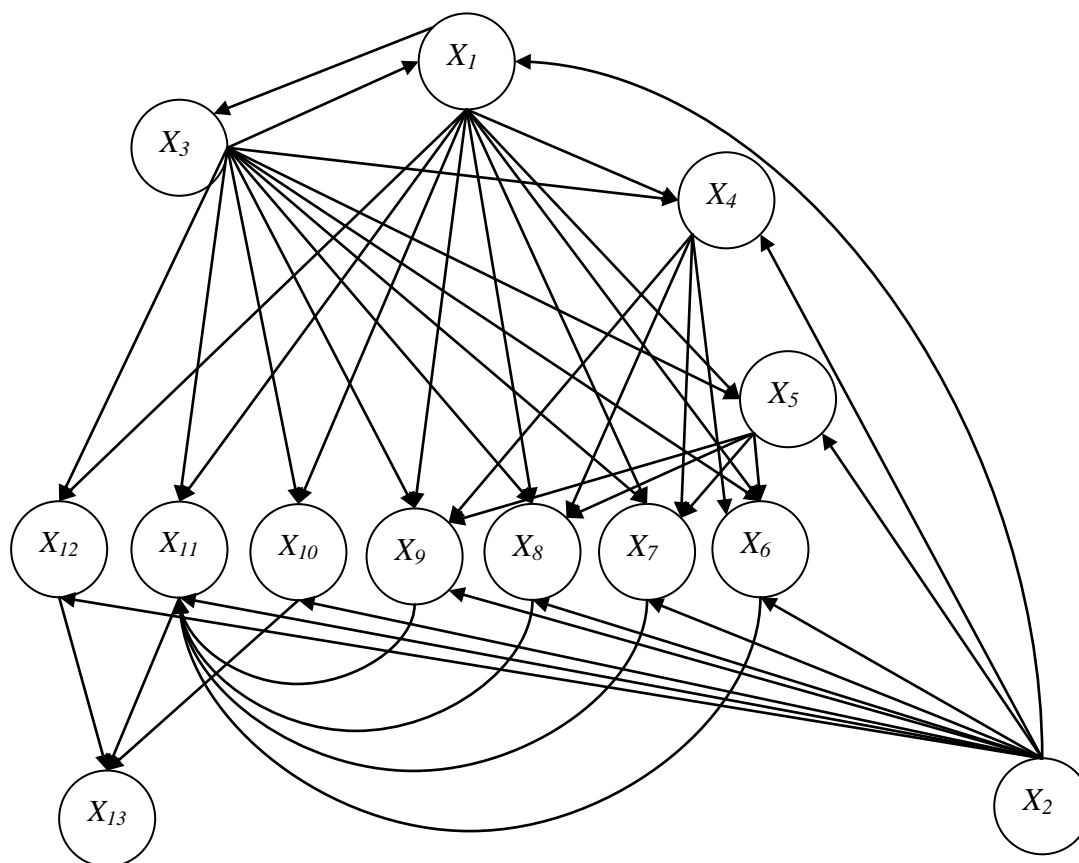


Рисунок 1 – Когнитивная модель на основе методологии ТСО

### ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов В.В., Калянов Г.Н., Попов Ю.Н., Титовский И.Н. Информационные технологии и управление предприятием. – М.: Компания АйТи, 2009. – С. 86-93, 145-170.
2. Соколова А.А., Филиппова И.А. ТСО – цена вопроса // Директор ИС. – № 1. – 2006.
3. Митус К.Н. Выбор метода оценки эффективности информационных технологий с помощью определения уровня организационной зрелости корпорации // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Випуск 109/2010. Серія: Економіка і фінанси. – Севастополь, 2010. – 98 с.

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Ляшенко Е.Н., Жарикова М.В.  
Херсонский национальный технический университет  
(Украина)

**Введение.** Лесные пожары (ЛП) причиняют огромный ущерб окружающей среде. Только прямой ежегодный ущерб от лесных пожаров в Украине превышает десятки миллионов гривен, включая потери ценных пород древесины, животных и продуктов побочного пользования лесом, не говоря уже о вреде окружающей среде в виде выброса в атмосферу сажи и парниковых газов, который можно отнести к косвенному ущербу.

Наибольшее число лесных пожаров происходит в регионах с высокой плотностью населения и развитой дорожной сетью. Крупные лесные пожары возникают, в основном, в засушливые периоды года и, прежде всего, в местах распространения сосновых насаждений, которые являются наиболее пожароопасными.

Одним из таких регионов Украины является Херсонская область, где расположена самая большая пустыня в Европе, которая засажена искусственным лесом, 73 % которого составляют сосновые насаждения. В последние годы в этом регионе произошло заметное увеличение периода с высокими температурами воздуха (более + 45°C), длительным отсутствием атмосферных осадков (свыше 2 месяцев) и шквалистыми ветрами (более 10 м/с), что привело к увеличению количества лесных пожаров. Так, площади земель, подвергшихся лесным пожарам, до 2007 года в Херсонской области были сравнительно небольшими: в 2000 г. – 72 га, 2004 г. – 43 га; 2005 г. – 237 га, 2006 г. – 441 га, 2007 г. – 8886 га, 2008 г. – 4567 га. Однако погодные условия лета 2007 г. привели к увеличению площади, пройденной пожарами, до 8886 га. Этому способствовал состав лесных насаждений.

В этих условиях необходимо применение комплекса мероприятий, обеспечивающих предупреждение возникновения, распространения и развития лесных пожаров.

**Постановка задачи.** Из всего вышесказанного следует, что предотвращение возникновения пожаров в настоящее время является актуальной проблемой. С данной проблемой неразрывно связаны следующие задачи: разработка модели классификации лесных пожаров, краткосрочное прогнозирование пожароопасной обстановки, ранжирование площадей по степени пожарной опасности, выделение площадей, нуждающихся в первоочередном проведении лесозащитных работ, обоснование мероприятий, предупреждающих чрезвычайные пирологические ситуации в регионе, а также разработка системы, обеспечивающей информационную поддержку принятия решений по предупреждению возникновения лесных пожаров с использованием геоинформационных и нейросетевых технологий.

**Анализ работ.** Рассмотрим наиболее известные в настоящее время СППР по предупреждению возникновения лесных пожаров.

Европейским объединенным центром исследований, Ispra, Италия, разработана СППР «Всемирная Сеть Пожаров», применяемая для обнаружения и ликвидации лесных пожаров на ранних стадиях развития [1]. Она состоит из сети приемных станций, а также специализированного программного обеспечения для обнаружения расположения горячих точек и картографирования прогоревшей области.

СППР «Всемирная Сеть Пожаров» обеспечивает интеллектуальную поддержку разработки оптимальных планов тушения ЛП.

Компания Spacе Imaging в составе интегрированного набора своего программного обеспечения предлагает специальный пакет EcoDSS, разработанный совместными усилиями нескольких фирм и организаций. В него включен ряд прикладных модулей, в том числе приложение по отслеживанию лесных пожаров. Это приложение основано на

программной платформе ESRI и обеспечивает прямой обмен данными между базой геоданных ArcGIS и программой FARSITE – симулятором динамики пожара [2]. Через интерфейс пользователя можно задать параметры сценария пожара и переслать пространственные и табличные данные вместе с входными параметрами из ArcGIS в модель пожара FARSITE. После завершения расчетов результаты моделирования пересылаются в базу геоданных ArcGIS, а выходные тематические слои автоматически добавляются в окно приложения ArcMap.

Что касается данной системы, то она представляет собой симулятор динамики ЛП, обладает развитыми функциями картографирования, но не обладает достаточными возможностями, которые позволили бы использовать эту систему как СППР по предупреждению возникновения лесных пожаров.

В настоящее время широкое распространение получили атласные системы поддержки принятия решений (АСППР) [3]. К АСППР можно отнести российскую систему мониторинга лесных пожаров, функционирующую в службе ФГУ «Авиалесоохрана» уже более 5 лет. Основными задачами системы являются: пространственная интеграция оперативных данных; анализ текущей пожарной обстановки; картографирование зон пожарной опасности (создание электронных векторных карт), обработка материалов, необходимых для принятия решений по предупреждению возникновения лесных пожаров; подготовка отчетной картографической информации.

К АСППР также можно отнести и систему пеленгации молниевых разрядов, созданную для ФГУ «Авиалесоохрана». Грозы вызывают множественные очаги возгорания леса в труднодоступных регионах Сибири и Дальнего Востока, что осложняет их тушение. Интервал времени с момента прохождения грозы до развития лесного пожара составляет 1-5 суток, причем максимальное число пожаров приходится на 2-е сутки. Использование информации о географических координатах молниевых разрядов позволяет прогнозировать время и место вероятного возникновения лесных пожаров, выдавать соответствующее предупреждение службе охраны лесов от пожаров с целью принятия управленческих решений по их ликвидации. Система обладает возможностью картографирования зон пожарной опасности при помощи Landsat Thematic Mapper. В конце сезона ЛП создается атлас прогоревших территорий. К началу 2003 г. система покрывала значительную часть территории России. Сейчас зона действия системы – Дальний Восток и Северная часть Европейской территории страны.

Таким образом, достоинством АСППР является наличие развитых функций картографирования данных, однако их функциональные возможности пространственного анализа относительно слабы, что является существенным недостатком атласных систем поддержки принятия решений.

**Цель статьи.** Целью настоящей статьи является описание основных этапов процесса принятия решений о проведении мероприятий по противопожарному устройству лесных территорий, а также системы, обеспечивающей информационную поддержку принятия решений по предупреждению возникновения лесных пожаров с использованием геоинформационных и нейросетевых технологий.

**Основные этапы процесса принятия решений по предупреждению возникновения лесных пожаров.** Принятие решений о проведении мероприятий по противопожарному устройству лесной территории осуществляется на основе данных о степени (классе) пожарной опасности лесов по условиям погоды, данных о фактическом числе лесных пожаров и пройденных ими площадей, а также классах лесных пожаров, которые возникали на рассматриваемой лесной территории за последние 10-15 лет.

На всей территории Херсонской области действует единая шкала пожарной опасности лесов по условиям погоды, по величине комплексного показателя В. Г. Нестерова [4], который учитывает совокупность метеоэлементов, влияющих на изменение влажности лесных горючих материалов.

Метеорологические станции предоставляют информацию в виде уже вычисленного комплексного показателя пожарной опасности или в виде характеристик состояния на текущий день метеорологических элементов (температуры воздуха, значения точки росы, количества выпавших осадков и др.), по которым этот показатель может быть вычислен в лесхозах.

Мероприятия по противопожарному устройству лесной территории проводятся в первую очередь на участках I, II, III классов пожарной опасности.

Единственным источником информации о лесных пожарах, которые возникали на рассматриваемой лесной территории в прошлом и относительно которых известно, при каких условиях они происходили (условия местности, метеоусловия), а также каковы были их последствия (площадь, количество ресурсов на тушение), служат статистические данные.

Однако сами по себе статистические данные не несут информации о принадлежности того или иного случая возгорания лесной территории к определенному классу лесных пожаров.

Следовательно, необходимо провести анализ многолетних статистических данных о распределении пожаров по лесной территории и на основе этих данных определить классы лесных пожаров, которые имели место в прошлом с целью выделения областей, нуждающихся в первоочередном проведении лесозащитных работ.

Результаты анализа представляются в виде тематического слоя карты с соответствующими зонами лесных пожаров (с указанием классов лесных пожаров, пройденных ими площадей, количества ресурсов на тушение, причиненного ущерба).

На основе тематического слоя карты выделяются области, нуждающиеся в первоочередном проведении лесозащитных работ.

Далее создается тематический слой карты защитных противопожарных полос (с указанием наименования лесхоза, лесничества, квартала, выдела порядкового номера каждой защитной полосы в пределах квартала, выдела и лесничества, ее длина, средняя ширина, а также площадь).

На основе тематического слоя карты защитных противопожарных полос создается план проведения мероприятий по противопожарному устройству лесной территории и осуществляется контроль за его выполнением.

План проведения мероприятий по противопожарному устройству лесной территории содержит виды противопожарных мероприятий и объемы выполняемых работ по каждому лесхозу.

Исходя из всего вышесказанного, можно выделить следующие этапы процесса принятия решений по предупреждению возникновения лесных пожаров:

Этап 1. Определение класса пожарной опасности лесов по условиям погоды (комплексный показатель В. Г. Нестерова).

Этап 2. Анализ многолетних статистических данных о распределении пожаров по лесной территории – ретроспективный анализ горимости лесов.

Этап 3. Определение классов лесных пожаров, которые имели место в прошлом – классификация лесных пожаров.

Этап 4. Создание тематического слоя карты с соответствующими зонами лесных пожаров (с указанием классов лесных пожаров, пройденных ими площадей, количества ресурсов на тушение, причиненного ущерба).

Этап 5. Выделение областей, нуждающихся в первоочередном проведении противопожарных мероприятий.

Этап 6. Создание тематического слоя карты защитных противопожарных полос (с указанием наименования лесхоза, лесничества, квартала, выдела порядкового номера каждой защитной полосы в пределах квартала, выдела и лесничества, ее длина, средняя ширина, а также площадь).

Этап 7. Разработка плана проведения мероприятий по противопожарному устройству лесной территории с указанием видов противопожарных мероприятий и объёмов выполняемых работ.

Этап 8. Контроль за выполнением плана проведения мероприятий по противопожарному устройству лесной территории.

**Архитектура СППР.** Архитектура СППР состоит из 12 блоков (рис. 1) (блока подготовки данных, блока предварительной обработки и подготовки данных, блока формирования нейронной сети, блока параметров нейронной сети, блока обучения и функционирования нейронной сети, блока интерпретации результатов, блока работы с картой, блока работы с таблицами, блока геокодирования ГИС-объектов, блока отображения результатов моделирования, блока расчета комплексного показателя пожарной опасности по условиям погоды, блока принятия решений о проведении противопожарных мероприятий).

В целом программный комплекс состоит из четырех подсистем: геоинформационной подсистемы (ГИП), нейросетевой подсистемы (НСП), подсистемы принятия решений (ППР) и баз данных (БД).

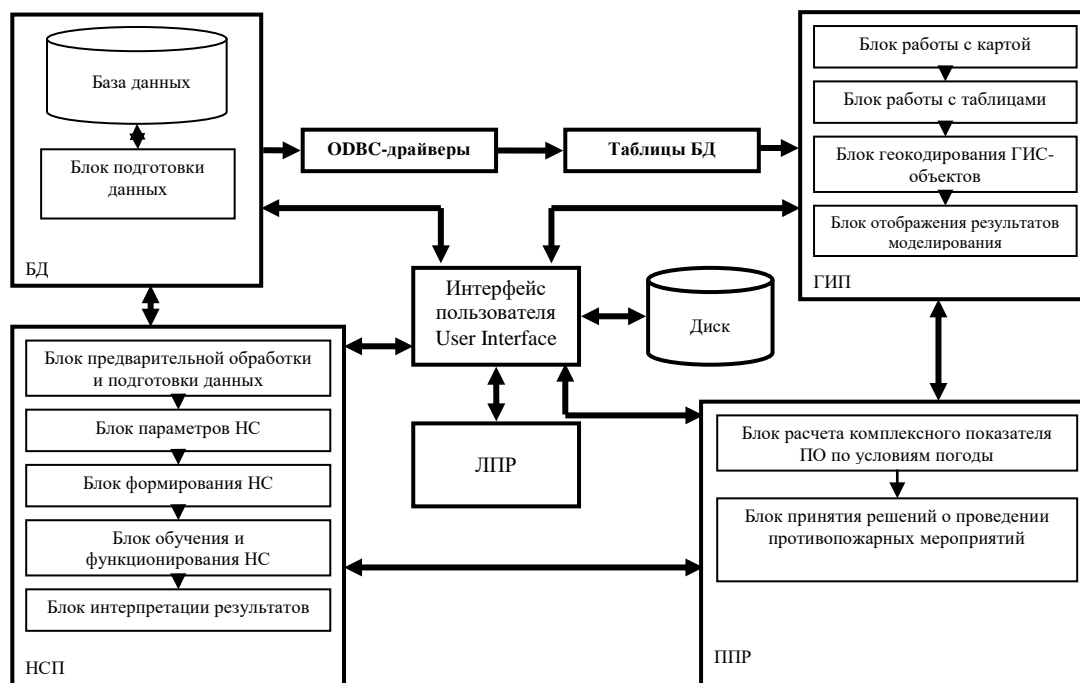


Рисунок 1 – Архитектура СППР

Главной особенностью подсистемы ГИП является наличие функций векторизации (создание векторных цифровых моделей лесных территорий), функций геокодирования цифровых моделей (привязка к векторной карте таблиц данных, содержащихся в подсистеме БД).

Таким образом, выходными данными подсистемы ГИП являются векторные карты лесничеств, на которых впоследствии отображаются классы лесных пожаров, ранжированные по областям принадлежности, пожарная опасность по условиям погоды, противопожарные мероприятия (противопожарные полосы, противопожарные заслоны, минерализованные полосы и т.д.).

Цель подсистемы НСП – решение задачи классификации лесных пожаров. Решение указанной задачи происходит на основе статистических данных, содержащихся в подсистеме БД.

ППР на основе данных, которые поступают из подсистем НСП, ГИП и БД, осуществляет принятие решений о проведении противопожарных мероприятий. Также ППР осуществляет расчет комплексного показателя Нестерова.



Существующая информация о лесных пожарах содержится в подсистеме БД. БД состоит из четырех таблиц: таблицы «Лесные пожары», таблицы «Метеоусловия», таблицы «Таксационное описание» и таблицы «Характеристики ЛГМ». Первая таблица содержит сведения по каждому конкретному пожару, вторая содержит информацию о метеоусловиях в те дни, когда происходили пожары, третья содержит информацию о природных условиях местности, где происходили пожары, а четвертая – характеристики лесных горючих материалов.

Структура модулей СППР представлена на рис. 2.

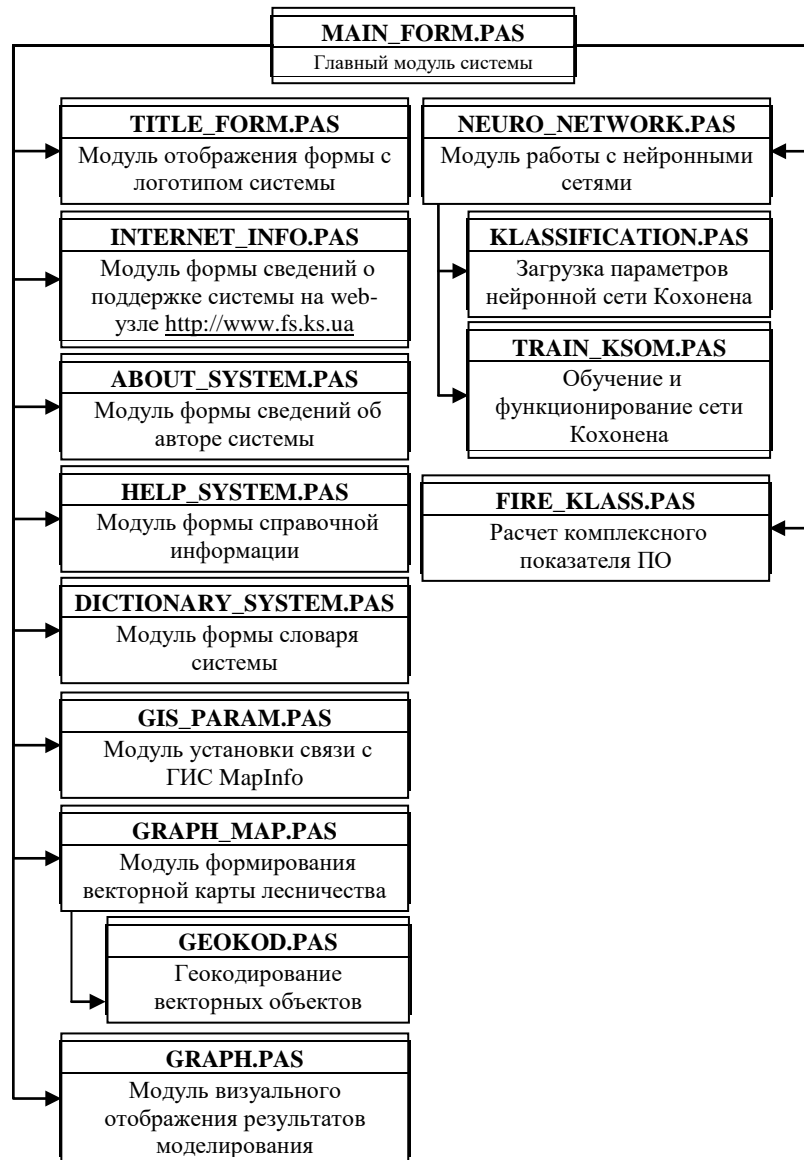


Рисунок 2 – Полная структура модулей системы

Модуль MAIN\_FORM.PAS – главный модуль программы, который содержит описание главной формы системы, а также связывает другие подпрограммы между собой с помощью обработки соответствующих действий.

Модуль TITLE\_FORM.PAS – содержит процедуры, которые отвечают за отображение на экране формы с логотипом системы и ее закрытие по окончании заданного таймером времени.

Модуль INTERNET\_INFO.PAS – содержит описание формы сведений о поддержке системы на web-узле <http://www.fs.ks.ua> и ссылке на этот узел.

Модуль ABOUT\_SYSTEM.PAS – содержит описание формы сведений об авторе системы.

Модуль HELP\_SYSTEM.PAS – содержит описание формы справочной информации системы.

Модуль DICTIONARY\_SYSTEM.PAS – содержит описание формы словаря системы.

Модуль GIS\_PARAM.PAS – содержит функции и процедуры, в которых сохраняются параметры установки связи с географической информационной системой MapInfo.

Модуль GRAPH\_MAP.PAS – содержит инструкции по загрузке основных слоев векторных объектов. Проверяется наличие основных графических файлов, содержащих информацию о пространственном размещении объектов. При отсутствии графических файлов будут наблюдаться ограничения в использовании некоторых функций системы (визуализация классов лесных пожаров, ранжированных по областям принадлежности, отображение противопожарных мероприятий и т.п.).

Модуль GEOKOD.PAS – содержит инструкции по геокодированию векторных объектов.

Модуль GRAPH\_MAP.PAS – содержит функции и процедуры для представления информации, необходимой для принятия решений, в виде совокупности объектов, обладающих определенными свойствами и связанными определенными отношениями.

Модуль NEURO\_NETWORK.PAS – содержит функции и процедуры работы с нейронными сетями.

Модуль KLASSIFICATION.PAS – содержит функции и процедуры, в которых сохраняются данные о параметрах работы нейронной сети Кохонена.

Модуль TRAIN\_KSOM.PAS – содержит функции и процедуры для обучения и функционирования нейронной сети Кохонена.

Модуль FIRE\_KLASS.PAS – содержит процедуры для расчета комплексного показателя пожарной опасности по условиям погоды.

В СППР предусмотрено сохранение данных в следующих форматах:

1. «\*.tab» – файл, содержащий описание структуры данных таблицы. Он представляет собой небольшой текстовый файл, описывающий формат того файла, который содержит данные.

2. «\*.dat», «\*.wks», «\*.xls» – файлы, содержащие атрибутивные данные.

3. «\*.map» – файл, содержащий графические объекты. Каждой записи в файле соответствуют координаты X и Y.

4. «\*.id» – файл содержит список указателей (индекс) на графические объекты и позволяет системе быстро находить объекты на карте.

**Вывод.** Практическое применение системы, обеспечивающей информационную поддержку принятия решений по предупреждению возникновения лесных пожаров, позволит сохранять лесные массивы, принимать меры по предупреждению лесных пожаров в областях с повышенным риском. В пределах определенного лесничества система позволит производить управление службами патрулирования, прокладывать противопожарные полосы, производить закупку оптимального по количеству и составу противопожарного оборудования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Dorothy Albright. Meisner Classification of fire simulation systems / Dorothy Albright, Bernard N. // Fire management notes. – 1999. – Vol. 59, № 2. – P. 5-12.

2. Finney M.A. FARSITE – a program for fire growth simulation / Finney M.A., Andrews P.L. // Fire management notes. – 1999. – Vol. 59, № 2. – P. 13-15.

3. Кошкарев А.В. Геоинформатика / Кошкарев А.В., Тикунов В.С. – [ред. Д.В. Лисицкого]. – М.: Картгеоцентр – Геоиздат, 1993.

4. Нестеров В.Г. Горимость леса и методы ее определения / Нестеров В.Г. – М.: Гослесбумиздат, 1949. – 74 с.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ**

Михайленко В.С., Харченко Р.Ю.  
Одесская национальная морская академия  
(Украина)

Интеллектуальные системы поддержки принятия решений (ИСППР) представляют собой один из видов прогрессивных технологий, приобретающих актуальность в последнее время, в связи с развитием систем искусственного интеллекта. На сегодняшний день термин «система поддержки принятия решений» не нашел у разработчиков единого общепризнанного определения [3]. Авторы наиболее точным считают определение, что ИСППР – это информационная система, реализующая теорию искусственного интеллекта и объединяющая в себе комплекс программно-аппаратных средств автоматизации потоков информации в процессе принятия решений, помогающая лицу, принимающему решение (ЛПР), в управлении объектом или процессом. Подобные системы успешно используются для подготовки решений в управлении сложными процессами или объектами, функционирующими в условиях неопределенности [1].

По нашему мнению, область использования подобных технологий имеет огромные перспективы на судах любых типов, т.к. современное судно является сложным нелинейным объектом, на котором активно внедряются интегрированные системы, в комплексе решающие задачи управления судовыми техническими средствами – системы навигации, предупреждения столкновений, управления движением, обеспечения радиосвязи, безопасности и др. Несмотря на большой интерес к этим технологиям и научным разработкам в данной области применительно к судам [2, 3], данное направление все еще остается слабо развитым, и во многих сложных подсистемах судна управление осуществляется традиционными методами, в большинстве случаев не обеспечивая должного качества и надежности. По этим причинам авторы и проявляют интерес к созданию интеллектуальных систем управления судном на основе ИСППР, ставя целью анализ возможностей и перспектив использования таких систем в управлении судном и предложение своего варианта.

Традиционные подходы в разработке СППР основаны на ряде теорий таких как – системный анализ, теория игр, теория риска, теория вероятности и т.д. Экспертные системы (ЭС), лежащие в основе таких СППР, имеют ряд недостатков, связанных с невозможностью учитывать опыт, знания и интуицию человека – штурмана, механика, лоцмана, т.е. эксперта в данной области.

В последнее время широкое применение и актуальность в ИСППР получают нечеткие экспертные системы [4], имитирующие рассуждения эксперта в виде словесных или лингвистических предположений, использующие аппарат теории нечетких множеств. К примеру, логика рассуждений лоцмана может быть такой: если встречный ветер «сильный», то скорость хода судна должна быть «высокой», а при «слабом» ветре скорость судна должна быть «средней» или «малой» с целью избежать потерь времени прохода фарватером. Или еще пример, если при волнении моря качка судна «сильная», то в авторулевом необходимо угол перекаладки руля сделать «больше» или «меньше», в зависимости от направления волн; если температура воздуха «высокая», то температуру в системах кондиционирования необходимо сделать «ниже» и т.д. Это примеры нечеткой логики – логики, свойственной человеческому мышлению.

По этим причинам можно сделать вывод о том, что в ИСППР многих судовых автоматизированных подсистем подобные технологии, основанные на нечеткой логике, будут весьма актуальны и могут получить большое распространение. Они способны работать с качественной информацией, преобразуя и обрабатывая ее в численной форме.

Основная суть таких систем заключается в формировании количественного решения на базе продукционных правил. Кроме того, в отличие от классической математики и логики, в аппарате нечеткой логики имеются промежуточные оценки, что во многом соответствует естественным природным процессам.

Проанализировав различные варианты построения систем управления [5], мы предлагаем следующий вид ИСППР на судах (рис. 1)

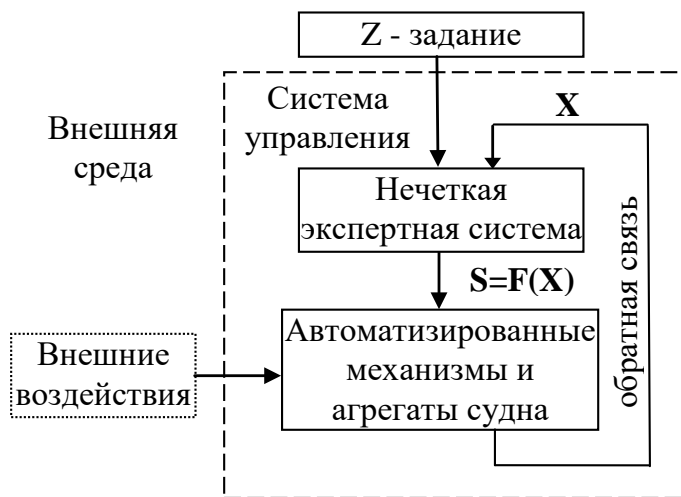


Рисунок 1 – ИСППР управления судном

На этом рисунке  $Z$  – это заданная информация от подсистем судна, входящих в комплекс интеллектуального управления с адаптивными нечеткими ЭС (АНЭС). АНЭС в свою очередь вырабатывает сигнал для ЛПР в виде совета  $S_i$ , являющегося функцией базы знаний  $F$  от контролируемых параметров  $X_j$ , которые приходят в ходовой мостик по обратной связи. А функцию адаптации в АНЭС выполняют нейронные сети, способные к самообучению.

В заключение можно отметить, что проведенный анализ методов интеллектуального управления применительно к СППР судна позволяет сделать вывод о перспективности использования нейро-нечеткой логики для повышения качества управления судовыми автоматизированными системами. Такие интеллектуальные системы обладают свойствами самообучаемости и способностью изменяться в зависимости от обстоятельств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вагущенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика: Уч. пос. / Одесская национальная морская академия. – Одесса: Латстар, 2003. – 170 с.
2. Подпорин С.А., Олейников А.М. Анализ методов интеллектуального управления курсом судна / С.А. Подпорин, А.М. Олейников. – Севастопольский национальный технический университет, 2005.
3. Шерстюк В.Г., Бень А.П. Гибридная интеллектуальная СППР для управления судном // Судовождение. – 2008. – № 14. – С. 110-114.
4. Богданов В.И. Использование нечеткой логики для повышения качества управления судном на курсе / В.И. Богданов, С.А. Подпорин // Сб. научных трудов / СВМИ им. П.С. Нахимова. – Вып. 2 (8). – Севастополь, 2005. – С. 89-97.
5. Вагущенко Л.Л., Цымбал Н.Н. Системы автоматического управления движением судна. 2-е изд., перераб. и доп. – Одесса: Латстар, 2002. – 310 с.

## **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ**

Нефедов Л.И., Беспалый В.А.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
(Украина)

**Введение.** Развитие рынка образовательных услуг в последние годы происходит на фоне быстрых изменений в окружающей среде и высоких темпов увеличения объемов информации. В этих условиях ключевое значение для эффективной работы общеобразовательных учреждений имеют управление и поддержка принятия управленческих решений, в том числе профориентационного характера.

Выделим основные причины, заставляющие исследователей и практиков все больше обращать внимание на новые информационные технологии, поддерживающие принятие управленческих решений.

Во-первых, кумулятивный рост важной информации делает необходимым применение новых технологий для поиска новых тенденций, потенциально открывающих новые перспективы для развития средней школы.

Во-вторых, динамизм внешней среды повышает вероятность принятия неэффективных управленческих решений из-за дефицита информации. Поскольку процесс принятия стратегических решений является в большой степени творческим процессом, то на разных его этапах необходимо опираться на аналитически обработанную информацию и имитационные модели, уменьшающие вероятность управленческих ошибок.

В-третьих, неопределенность в процессах принятия решений повышает роль прогнозных моделей. Моделирование учебных планов открывает возможности анализа их последствий на стадии разработки и, тем самым, снижает риск необоснованных решений. В некоторых ситуациях вообще невозможно обойтись без моделирования, поскольку эксперименты в учебном заведении в познавательных целях оказываются очень дорогостоящими.

**Актуальность темы.** Средние образовательные учреждения осуществляют свою деятельность на рынке образовательных услуг в сложных социальных и экономических условиях. Результативность деятельности школы зависит не только от её внутренней организации, но и от множества внешних противоречивых факторов, таких как востребованность выпускников в профильных вузах, конкурентность образовательной среды, дифференцированная потребность населения в образовательных услугах, запросы работодателей, транспортная инфраструктура и т.д. Сложившиеся рыночные условия необходимо учитывать при постановке кардинальной цели управления школой для разрешения потребностей внешней среды к качеству образовательных услуг.

Основная проблемная ситуация заключается в том, что существующие оценки качества образовательных услуг, а, соответственно, и механизмы управления деятельностью школы, основываются преимущественно на внутришкольных показателях, а сами эти показатели носят четкий количественный характер. В реальных условиях деятельности администрация школы вынуждена оперировать нечеткими категориями, которые доминируют на рынке образовательных услуг, представляющим собой основной компонент внешней среды общеобразовательного пространства.

Применяемые в настоящее время информационные технологии в среднем образовании носят нерегулярный характер и очень низкую степень взаимодействия с подразделениями общеобразовательных учреждений, что отчасти улучшает работу только отдельных подразделений, но мало влияет на эффективность функционирования всего общеобразовательного учреждения в целом. Поэтому разработка информационной технологии поддержки принятия решений (ИТ ППР) является актуальной научно-

прикладной задачей, которая позволит согласовать и улучшить работу всех подразделений. Это повысит эффективность не только их работы, но и всего общеобразовательного учреждения.

**Постановка задачи.** Целью работы является совершенствование и расширение функциональных возможностей автоматизированных инструментальных средств управления общеобразовательными учреждениями в условиях нечеткости и слабой структурированности данных и отношений на рынке образовательных услуг путем создания ИТ ППР и исследования ее характеристик.

**Разработка ИТ ППР.** Информационная технология – это процесс, использующий совокупность средств и методов сбора, обработки и передачи данных для получения информации нового качества о состоянии объекта, процесса или явления. Цель информационной технологии – производство информации для ее анализа человеком и принятия на его основе решения по выполнению какого-либо действия.

В качестве инструментария информационной технологии используются распространенные виды программных продуктов: текстовые процессоры, издательские системы, электронные таблицы, системы управления базами данных, электронные календари, информационные системы функционального назначения.

К основным видам информационных технологий для применения в управлении общеобразовательными учреждениями могут относиться следующие [1, 2]:

1. Информационная технология обработки данных предназначена для решения хорошо структурированных задач, алгоритмы решения которых хорошо известны и для решения которых имеются все необходимые входные данные. Эта технология применяется на уровне исполнительской деятельности персонала невысокой квалификации в целях автоматизации некоторых рутинных, постоянно повторяющихся операций управленческого труда.

2. Информационная технология управления предназначена для информационного обслуживания всех сотрудников, связанных с принятием управленческих решений. Здесь информация обычно представляется в виде регулярных или специальных управленческих отчетов и содержит сведения о прошлом, настоящем и возможном будущем учреждения.

3. Информационная технология автоматизированного офиса призвана дополнить существующую систему связи сотрудников учреждения. Автоматизация офиса предполагает организацию и поддержку коммуникационных процессов как внутри школы, так и с внешней средой на базе компьютерных сетей и других современных средств передачи и работы с информацией.

4. Информационная технология поддержки принятия решений предназначена для выработки управленческого решения, происходящей в результате итерационного процесса, в котором участвуют система поддержки принятия решений (вычислительное звено и объект управления) и человек (управляющее звено, задающее входные данные и оценивающее полученный результат).

5. Информационная технология экспертных систем основана на использовании искусственного интеллекта. Экспертные системы дают возможность получать консультации экспертов по любым проблемам, о которых в этих системах накоплены знания.

Главной особенностью ИТ ППР является качественно новый метод организации взаимодействия человека и компьютера. Выработка решения, что является основной целью этой технологии, происходит в результате итерационного процесса (рис. 1), в котором участвуют:

- система поддержки принятия решений в роли вычислительного звена и объекта управления;

- человек как управляющее звено, задающее входные данные и оценивающее полученный результат вычислений на компьютере.

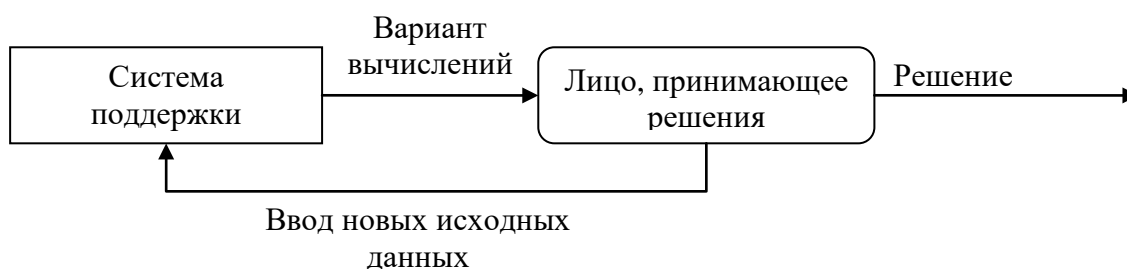


Рисунок 1 – Информационная технология поддержки принятия решений как итерационный процесс

Окончание итерационного процесса происходит по воле человека. В этом случае можно говорить о способности информационной системы совместно с пользователем создавать новую информацию для принятия решений.

ИТ ППР может использоваться на любом уровне управления. Кроме того, решения, принимаемые на различных уровнях управления, часто должны координироваться. Поэтому важной функцией и систем, и технологий является координация деятельности лиц, принимающих решения (ЛПР), как на разных уровнях управления, так и на одном уровне.

Ниже представлена пирамида уровней координации принятия решений, которая соответствует уровням управления в общеобразовательном учреждении (рис. 2).



Рисунок 2 – Пирамида уровней управления, отражающая динамику принятия решений

Операционный (нижний) уровень управления обеспечивает решение многократно повторяющихся задач и операций и быстрое реагирование на изменения входной текущей информации. На этом уровне достаточно велики как объем выполняемых операций, так и динамика принятия управленческих решений. Этот уровень управления часто называют оперативным из-за необходимости быстрого реагирования на изменение ситуации. На уровне оперативного (операционного) управления большой объем занимают учетные задачи. В функционировании общеобразовательного учреждения на этом уровне можно выделить ежедневную посещаемость занятий, учёт заболеваний, материальное состояние школы, необходимое для организации учебного процесса на текущий момент времени.

Функциональный (тактический) уровень управления обеспечивает решение задач, требующих предварительного анализа информации, подготовленной на первом уровне. На этом уровне большое значение приобретает такая функция управления, как анализ. Объем решаемых задач уменьшается, но возрастает их сложность. При этом не всегда удается

выработать нужное решение оперативно, требуется дополнительное время на анализ, осмысление, сбор недостающих сведений и т.п. Управление связано с некоторой задержкой от момента поступления информации до принятия решений и их реализации, а также от момента реализации решений до получения реакции на них. Этот уровень представлен административным советом, методическим советом, малыми педагогическими советами, аттестационной комиссией.

Стратегический уровень обеспечивает выработку управленческих решений, направленных на достижение долгосрочных стратегических целей учреждения. Поскольку результаты принимаемых решений проявляются спустя длительное время, особое значение на этом уровне имеет такая функция управления, как стратегическое планирование. Прочие функции управления на этом уровне в настоящее время разработаны недостаточно полно. Часто стратегический уровень управления называют стратегическим или долгосрочным планированием. Правомерность принятого на этом уровне решения может быть подтверждена спустя достаточно длительное время. Могут пройти месяцы или годы. Ответственность за принятие управленческих решений чрезвычайно велика и определяется не только результатами анализа с использованием математического и специального аппарата, но и профессиональной интуицией лица, принимающего решение. Этот уровень представлен директором. Директор школы определяет совместно с Советом школы стратегию развития школы, представляет её интересы в государственных и общественных инстанциях, несет персональную юридическую ответственность за организацию жизнедеятельности школы.

В соответствии с пирамидой уровней управления предлагается структура ИТ ППР (рис. 3), а также функции составляющих ее блоков, которые определяют основные операции.

В состав технологии поддержки принятия решений входят три главных компонента: база данных (БД), база моделей (БМ) и программная подсистема, которая состоит из системы управления базой данных (СУБД), системы управления базой моделей (СУБМ) и системы управления интерфейсом между пользователем и компьютером.



Рисунок 3 – Основные компоненты ИТ ППР

При автоматизации управления общеобразовательными учреждениями много внимания уделяется разработке и поддержке баз данных, но при разработке ИТ ППР необходимо подробнее рассмотреть базу моделей управления учреждением.

Целью создания моделей являются описание и оптимизация объекта или процесса. Использование моделей обеспечивает проведение анализа в системах поддержки принятия решений. Модели, базируясь на математической интерпретации проблемы, при помощи определенных алгоритмов способствуют нахождению информации, необходимой



для принятия правильных решений. В ИТ ППР база моделей состоит из стратегических, тактических и оперативных моделей.

Использование моделей в составе информационных систем началось с применения статистических методов и методов финансового анализа, которые реализовывались командами обычных алгоритмических языков. Позже были созданы специальные языки, позволяющие моделировать ситуации типа "что будет, если?" или "как сделать, чтобы?". Такие языки, созданные специально для построения моделей, дают возможность построения моделей определенного типа, обеспечивающих нахождение решения при гибком изменении переменных.

Для эффективной работы такой ИТ ППР необходимо обеспечить методическое, программное, информационное, техническое и организационное обеспечение (рис. 4). [3]



Рисунок 3 – Состав обеспечения ИТ ППР

Создание и внедрение информационной технологии в общеобразовательных учреждениях предполагает выполнение единоразовых, периодических или постоянно проводимых организационных мероприятий, связанных с процессом внедрения и поддержки функционирования ИТ ППР. К ним относятся: создание специальных подразделений (управлений, отделов, групп) по администрированию и сопровождению всех видов обеспечения ИТ, системы обучения и переподготовки сотрудников навыкам работы в условиях ИТ ППР.

Разработка ИТ ППР администрации средней школы позволит объединить различного рода показатели управления объектом и оперировать нечеткими категориями. Основные преимущества и существенные отличия такой ИТ ППР заключаются в том, что открывается возможность осуществлять оценивание показателей разной природы как качественного, так и количественного характера путем их приведения к единой числовой шкале. Разработка ИТ ППР администрации средней школы позволит на основе значений вычисляемых показателей вырабатывать рекомендации по корректировке процессов функционирования и планирования деятельности средней школы. Поддержка принятия управленческих решений в условиях нечёткой информации рекомендуется также для использования в качестве инструмента самооценки работы средней школы, что дает возможность определять тенденции дальнейшего стратегического, тактического и оперативного планирования работы, скорректировать перечень направлений подготовки, принимать текущие управленческие решения.

Также информационная среда образовательного учреждения может включать компоненты, обеспечивающие информатизацию всех основных видов деятельности школы: управление кадрами; управление ресурсами; обеспечение коммуникации; управление контингентом обучающихся, автоматизацию документооборота и т.д. Эти инновации позволят:

- создать единую информационно-справочную базу данных, что даст возможность исключить дублирование информации, обеспечить её актуальность, полноту и достоверность;

- автоматизировать процесс документооборота путём перехода на безбумажную технологию, что позволит ускорить процесс передачи документов, координировать внутренние и организационно-распорядительные документы, эффективно использовать рабочее время, экономить расходы на канцтовары и т.д.

ИТ ППР школы предоставит руководителям и специалистам динамичное информационное сопровождение для проведения анализа складывающихся ситуаций, моделирования прогнозируемых процессов для принятия обоснованных оперативных, тактических и стратегических решений на среднесрочную и долгосрочную перспективу.

**Выводы.** Разработка такой информационной системы позволит существенно облегчить и сократить сроки планирования работы общеобразовательного учебного заведения, а также повысить качество принимаемых решений в условиях динамической внешней среды за счёт создания средств поддержки принятия решений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А.А. Компьютерные и телекоммуникационные технологии в сфере образования / А.А. Андреев // Школьные технологии. – 2001. – № 3. – С. 15-18.
2. Сайков Б.П. Организация информационного пространства образовательного учреждения: практическое руководство / Сайков Б.П. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2005. – 114 с.
3. Глушков В.М. Введение в АСУ / В.М. Глушков. – К.: Техника, 1974. – 317 с.

## СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОЦЕНКЕ И АНАЛИЗУ СРЕДЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОФИСА

Нефедов Л.И., Петренко Ю.А., Кононыхин А.С.  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
(Украина)

**Введение.** Сегодня одним из элементов организационной структуры управления проектом является офис. Для повышения эффективности работы команды офиса необходимо организовать офисное пространство так, чтобы оно стало удобным и безопасным для каждого члена команды.

**Актуальность.** Комфортность рабочего места и его эргономика становятся основными условиями обеспечения производительности труда, охраны труда, санитарных норм и нормативов. Комфортность среды функционирования офиса зависит от многих составляющих – освещения, звукоизоляции, температуры и качества воздуха, удобства офисной мебели и т.д.

**Выбор цели и постановка задачи.** Цель работы – повышение эффективности, комфортности и безопасности работы офиса за счет разработки системы поддержки принятия решений по оценке и анализу среды функционирования офиса. Для решения рассматриваемой проблемы, необходимо провести оценку и анализ среды функционирования офиса. При решении данной задачи необходимо учитывать различные факторы, такие как электромагнитные излучения (ЭМИ), естественное освещение, инсоляцию, шум и т.д. Все перечисленные факторы должны соответствовать нормам и стандартам.

Принятие решений – каждодневная деятельность членов команды офиса. В большинстве случаев оно заключается в генерации возможных альтернатив решений, их оценке и выборе лучшей альтернативы [1].

При выборе альтернатив приходится учитывать большое число противоречивых требований и, следовательно, оценивать варианты решений по многим критериям. Противоречивость требований, неоднозначность оценки ситуаций, ошибки в выборе приоритетов сильно осложняют принятие решений.

Задача оценки и анализа среды функционирования офиса, является многокритериальной задачей, в которой приходится оценивать различные физические факторы, определяющие среду функционирования офиса.

Формализация методов оценки и анализа среды функционирования является чрезвычайно сложной задачей. Увеличение объема информации, усложнение решаемых задач, необходимость учета большого числа взаимосвязанных факторов и быстро меняющейся обстановки настоятельно требуют использовать вычислительную технику в процессе принятия решений. В связи с этим используются системы поддержки принятия решений (СППР).

**СППР по оценке и анализу среды функционирования офиса.** СППР можно определить как человеко-машинную систему, позволяющую руководителю использовать свои знания, опыт и интересы, объективные и субъективные модели, оценки и данные для реализации компьютерных методов выработки решений и выполняющую такие функции, как сбор, оценка и анализ результатов, ситуаций и последствий [1].

На рисунке 1 представлена структурная модель СППР по оценке и анализу среды функционирования офиса. Она включает следующие элементы:

- пользователь;
- базы данных, включающие:

1) декларативную базу данных, содержащую физические факторы и их предельно-допустимые уровни;

2) процедурную базу данных, содержащую модели источников физических факторов, модели среды их распространения, модели определения зон комфорта и дискомфорта по каждому фактору и всем факторам одновременно, их площадей и количества в них сотрудников, методы оценки (метод анализа иерархий и методы многокритериальной оценки);

- блок вывода информации.

Рассмотрим более подробно элементы базы данных.

Декларативная база данных, содержит описание физических факторов среды функционирования офиса их предельно допустимые значения, включенные в санитарные нормы и правила, требуемые для выполнения в офисных помещениях.

Процедурная база данных, содержит базу данных различных математических моделей и базу данных методов.

Модели источников физических факторов учитывают особенности того или иного источника. Для источников, не имеющих математических моделей, используются их статистические оценки. Эти модели позволяют оценивать и прогнозировать экологическую обстановку среды функционирования офиса.

Модели среды распространения физических факторов учитывают характеристики и особенности распространения физического фактора в среде функционирования офиса.

Модели определения зон комфорта и дискомфорта по каждому фактору и всем факторам одновременно, их площадей и количества в них сотрудников, позволяют проанализировать среду функционирования офиса.

База данных методов оценки использует два метода: в условиях неопределенности информации применяется метод анализа иерархий, а в условиях определенности метод многокритериальной оценки.

Для решения задачи повышения комфортности и безопасности в офисе используется технология оценки и анализа физических факторов, которая состоит в следующем [2, 3]:

- для любой расчетной точки  $x_r (r = \overline{1, r'})$  определить значение уровня физического фактора от каждого источника  $L_r^i, (i = \overline{1, i'})$  а также значение комплексной оценки  $L_{\text{компл.}r}$  по всем источникам одновременно данного физического фактора;

- определить значение комплексной оценки по всем физическим факторам однонаправленного действия;

- для каждого источника физического фактора  $u_i$  и всех источников одновременно определить зоны комфорта и дискомфорта и рассчитать их характеристики.

Сотрудник на рабочем месте подвергается воздействию нескольких негативных физических факторов, возникает эффект комбинированного действия, который может обладать независимым или однонаправленным действием, которое, в свою очередь может быть аддитивным, усиливающим или ослабляющим [5, 6].

Независимое действие – эффект не отличается от изолированного действия каждого из физических факторов. Независимость характерна для физических факторов разнонаправленного действия, когда физические факторы оказывают различное влияние на организм и воздействуют на различные органы.

Аддитивное действие – суммарный эффект действия равен сумме эффектов каждого физического фактора. Суммация характерна для физических факторов однонаправленного действия, когда физические факторы оказывают одинаковое воздействие на одни и те же системы организма.

Усиливающее действие – физические факторы действуют так, что один фактор усиливает действие другого. Эффект усиливающего действия больше аддитивного.

Ослабляющее действие – эффект меньше аддитивного. Один физический фактор ослабляет действие другого.



Рисунок 1 – Структурная модель системы поддержки принятия решений по оценке и анализу среды функционирования офиса

При многокритериальной оценке физических факторов независимого действия применяется метод по последовательно применяемым критериям, ранжированным по степени влияния физического фактора. Если количественные значения влияния физических факторов  $L_r^i$  неизвестны, то они ранжируются (лексикографически упорядочиваются) по степени влияния, например

$$L_r^1 \succ L_r^2 \succ \dots \succ L_r^i \quad (1)$$

Тогда оценка экологической обстановки начинается с самого вредного физического фактора.

Кроме того, если влияние физического фактора неизвестно, его можно оценить по заранее заданным критериям, используя метод анализа иерархий [6].

Цель построения иерархии – оценить степень влияния физических факторов. Выбираются критерии и физические факторы. Далее определяются приоритеты относительно цели оценки физических факторов, после чего определяются приоритеты факторов относительно каждого критерия. В итоге получаем количественные значения влияния физических факторов. На рисунке 2 представлена иерархическая структура оценки физических факторов.

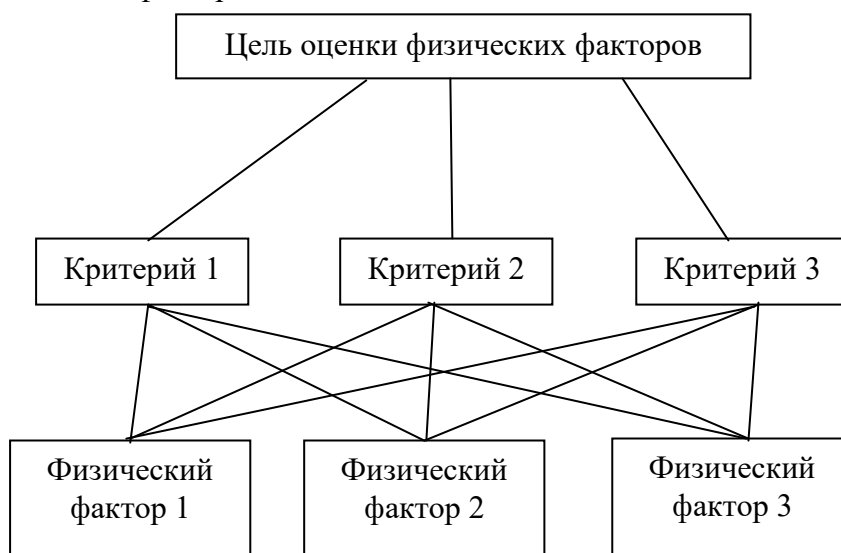


Рисунок 2 – Иерархическая структура оценки физических факторов

Рассмотрим многокритериальную оценку нескольких негативных физических факторов однонаправленного действия, которые описываются отдельными частными критериями с различными единицами измерения. Для построения обобщенного критерия оценки всех физических факторов  $W(x)$  используются функции вредности  $\bar{R}_f(x)$ ,  $f = 1, f'$

$$W(x) = \sum_{f=1}^{f'} \bar{R}_f(x) \quad (2)$$

где

$$\bar{R}_f(x) = \frac{k_f(x) - k_{fл}}{k_{fх} - k_{fл}}, \quad f = 1, f' \quad (3)$$

$k_f$ ,  $k_{fх}$ ,  $k_{fл}$  – значение уровня  $f$ -го физического фактора в точке  $x$ , его гранично-допустимый и наилучший (фоновый) уровни соответственно.

При  $k_{fл}$ , равным нулю, получим формулу, аналогичную формуле многокритериальной оценки физических факторов аддитивного действия [7]:

$$W'(x) = \sum_{f=1}^{f'} \frac{k_f(x)}{k_{fх}} \leq 1 \quad (4)$$

в которой строгое равенство определяет демаркационную кривую комфорта и дискомфорта. При  $W' > 1$  получим зону дискомфорта по всем негативным физическим факторам, при  $W' < 1$  – зону комфорта.

Усиливающее или ослабляющее действие одновременно нескольких негативных физических факторов однонаправленного действия при их многокритериальной оценке может быть учтено в обобщенном критерии вида

$$W'(x) = \sum_{f=1}^F \lambda_f \bar{R}_f(x) \quad (5)$$

с помощью выбора значений весовых коэффициентов  $\lambda_f$  таких, что

$$\sum_{j=1}^J \lambda_j = 1 \quad (6)$$

Таким образом, СППР по оценке и анализу среды функционирования офиса работает по следующему принципу: пользователь выбирает анализируемые физические факторы, модели источников физических факторов, модели среды распространения физических факторов. СППР позволяет произвести оценку физических факторов, их сравнение с предельно-допустимыми уровнями. Далее на основе многокритериальной оценки физических факторов производится анализ среды функционирования офиса, и пользователю выдается информация о степени влияния каждого из факторов и всех одновременно на среду функционирования офиса. При анализе среды функционирования офиса определяются зоны комфорта и дискомфорта, их площади и количество сотрудников в каждой из них.

Блок вывода информации выводит результат оценки и анализа среды функционирования офиса в виде таблиц, текстового описания или графического изображения демаркационной кривой зон комфорта и дискомфорта.

**Выводы.** Созданная СППР по оценке и анализу среды функционирования офиса позволяет принимать научно-обоснованные проектные решения по улучшению экологической обстановки в офисе и приведению физических факторов в соответствие с нормами. Это даст возможность повысить производительность труда, комфортность и безопасность жизнедеятельности в офисе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Трахтенгерц Э.А. Компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений / Э.А. Трахтенгерц // Проблемы управления. – 2003. – № 1. – С. 13-28.
2. Нефёдова А.Л. Эргономическая экспертиза проектируемого больничного комплекса по шуму / А.Л. Нефёдова, Л.И. Нефёдов, Ю.А. Петренко // Радиоэлектроника и информатика. – 1998. – № 4. – С. 133-136.
3. Нефёдов Л.И. Задачи управления проектами реконструкции жилой застройки с учетом электромагнитной безопасности / Л.И. Нефёдов, Н.Ю. Филь // Коммунальное хозяйство городов. – К., 2001. – Вып. 36. – С. 420-423.
4. Модели и методы синтеза офисов по управлению программами и проектами: монография / [Л.И. Нефёдов, Ю.А. Петренко, Т.В. Плугина, Н.Ю. Филь, М.В. Шевченко] – Х.: ХНАДУ, 2010. – 344 с.
5. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева и др.; Под ред. Л.А. Муравья. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447 с.
6. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств / П.П. Кукин, Е.А. Лапин, Е.А. Подгорных и др. – М.: Высш. шк., 1999. – 318 с.
7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

## **СИНТЕЗ МОБИЛЬНОГО ОФИСА ПРОЕКТОВ СОДЕРЖАНИЯ И РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГ**

Нефедов Л.И., Петренко Ю.А., Овсиенко А.В.  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
(Украина)

**Введение.** Автомобильные дороги – важнейшее звено общей транспортной системы страны, без которого не может функционировать ни одна отрасль. Уровень развития и техническое состояние дорожной сети существенно влияют на экономическое и социальное развитие как страны в целом, так и ее отдельных регионов, поскольку надежные транспортные связи способствуют повышению эффективности использования основных производственных фондов, трудовых и материально-технических ресурсов, повышению производительности труда.

Для обеспечения необходимого уровня транспортно-эксплуатационного состояния дорог и их сооружений организуют дорожную службу. Техническими правилами содержания и ремонта дорог на дорожную службу возложены ряд функций [1].

Сбор, обработка, хранение информации о дорогах, их содержании существенно упрощаются при создании и использовании автоматизированного банка данных, информационно-поисковых и других автоматизированных систем поддержки и принятия решений, применением современных информационных технологий. Одним из путей повышения эффективности содержания и ремонта автодорог на необходимом уровне транспортно-эксплуатационного состояния является применение методологии управления проектами.

**Актуальность исследования.** Наличие документов и автоматизированных систем не заменяет и не исключает повседневного мониторинга и наблюдения работниками дорожной службы за состоянием дорог и сооружений. Дорожная служба должна периодически проводить инструментальную проверку состояния дорог и сооружений, в частности оценку прочности дорожной одежды, проверку грузоподъемности мостов и их общего технического состояния, выполняемую мостоиспытательными станциями. Актуальной для достижения этой цели является решение задачи синтеза мобильного офиса – дорожной лаборатории. Такой офис представляет собой специфическую инфраструктуру, обеспечивающую эффективную реализацию проекта (или портфеля проектов) в рамках системы компьютерных, коммуникационных и информационных технологий и отработанных стандартов осуществления деятельности и коммуникаций [2].

Таким образом, актуальность исследований заключается в решении научно-прикладной задачи разработки моделей и методов синтеза мобильного офиса проектов содержания и реконструкции автодорог.

**Постановка цели и задач исследования.** Любой проект проходит через определенные стадии в своем развитии. Стадии жизненного цикла проекта могут различаться в зависимости от сферы деятельности и принятой системы организации работ. Однако у каждого проекта можно выделить начальную стадию (выбор цели, мониторинг и диагноз проблемы, постановка проблемы, генерация решений, выбор эффективного решения и расчет технико-экономических показателей), стадию подготовки и реализации проектов и стадию завершения работ по проектам [3]. Для реализации проектов содержания и реконструкции дорог, выполнения стадии мониторинга и диагноза проблемы необходимо создать мобильной офис – дорожную лабораторию, что позволит повысить эффективность управленческих решений в кратчайшие сроки (так как существенно сокращается по времени подготовительный процесс), оперативно обнаружить и устранить характер и причину повреждений дорожного покрытия, проанализировать выполненный объем работ, а улучшенные условия труда приведут к



значительному сокращению ошибок и своевременной обработке информации и планировании проектов.

Эффективная организация рабочих мест мобильного офиса (МО), эргономичное размещение (компоновка) оборудования способствует повышению производительности труда и сокращению времени, затрачиваемого на принятие решения.

Существующие методы и способы не учитывают специфику МО и не отвечают тем требованиям, которые предъявляются при создании такого рода объектов [4].

**Целью исследования** является повышение эффективности управления проектами содержания и реконструкции дорог за счет разработки моделей синтеза МО.

Для достижения этой цели в работе решаются следующие задачи.

1. Системный анализ и структуризация процессов автоматизированной компоновки оборудования на основе обзора существующих методов и средств проектирования таких типов объектов.

2. Постановка задачи определения оптимальной компоновки оборудования в основных зонах МО.

3. Разработка структуры технологии автоматизированной компоновки МО.

4. Разработка моделей и технологий решения частных задач компоновки оборудования в каждой из основных зон МО:

1) оценка общего пространства МО и определение основных зон для компоновки оборудования;

2) оценка и определение оптимальной компоновки оборудования в каждой зоне;

3) разработка и внедрение компьютерной технологии компоновки оборудования на основе многокритериальной оценки и анализа;

4) программная реализация разработанных моделей на ЭВМ и внедрение полученных результатов в практику.

**Модели синтеза МО.** Рассмотрим декомпозицию постановки общей задачи на частные.

В случае если компоновка оборудования в выбранной зоне задана не жестко (например, если расположение не ограничено габаритными размерами), можно определить эффективное размещение оборудования. Для того чтобы упростить задачу оптимизации, проведем декомпозицию всего пространства МО на основные зоны, в которых будет размещено основное оборудование. В результате такой декомпозиции мы получим три основных зоны, в которых будет размещено технологическое оборудование (рис. 1).

Первая зона – это функциональная зона, в этой зоне размещается основное (функциональное) оборудование, с которым непосредственно и преимущественно будет работать персонал.

Вторая зона – это обеспечивающая зона, в этой зоне размещается обеспечивающее оборудование, которое будет обеспечивать работу функционального оборудования с разными видами электропитания, коммутацией электрических цепей и т.д.

Третья зона – это зона, где размещается вспомогательное оборудование, которое не требует к себе особого внимания во время работы и управляется дистанционно, к ним относятся преобразователи, трансформаторы, блоки защиты и т.д.

Задача определения основных зон решается с учетом конфигурации размещаемого оборудования в ограниченном объеме МО.

Размещение основных зон определяется спецификой предполагаемой работы. Синтезируемые МО в основном прямоугольной формы или легко разбиваются на прямоугольники, что позволяет выделить основные зоны в соответствии с общей конфигурацией и обеспечить необходимое свободное пространство вокруг выбранных размещаемых комплектов оборудования.

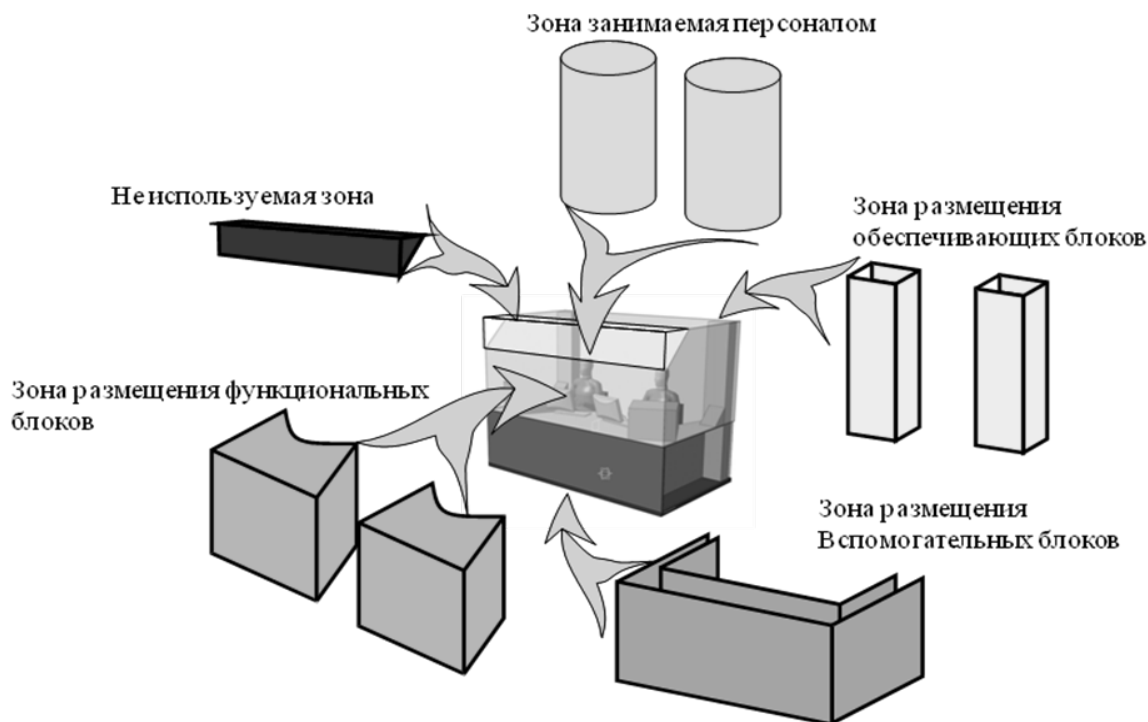


Рисунок 1 – Определение основных зон

Приведём формальную постановку задачи.

Имея набор программно-аппаратного, компьютерного и специального оборудования для каждой зоны, необходимо разместить выбранное оборудование, введя следующие обозначения:

Заданы:

- объём и площадь МО –  $W, S$ ;
- структура основных зон, их конфигурация и геометрические параметры;

– для каждой основной зоны ( $Z = \overline{1,3}$ ) комплект оборудования  $O_z = \{O_{zb}\}$ ,  $b = 1, b^c$ , закрепленного за зоной, характеризуемый формой, занимаемой площадью и объёмом и геометрическими размерами.

Известны ограничения по:

- внутреннему объёму МО;
- площади и объёму каждой зоны (функциональной, вспомогательной, обеспечивающей);
- принадлежности используемого оборудования конкретной зоне (функциональной, вспомогательной, обеспечивающей);
- взаимному непересечению размещаемого оборудования. Требуется разместить в

каждой зоне  $Z = \overline{1,3}$  необходимое оборудование, определив их местоположения  $X_{zb} (X_{zb}^1, X_{zb}^2, X_{zb}^3)$  по следующим частным критериям:

- эргономичности работы со скомпонованным оборудованием в каждой зоне;
- устойчивости компоновки оборудования в зонах относительно центра тяжести

МО.

Математическая модель размещения основного оборудования для МО имеет следующий вид.

Частные критерии:

Максимальная эргономичность работы со скомпонованным оборудованием в каждой зоне достигается за счёт минимизации суммы расстояния от базовых точек оборудования до точки эффективного размещения оборудования

$$E(X_{zb}^i) = \min \sum_{b=1}^{b^z} L_{zb} \left[ \sum_{i=1}^3 (X_{zo}^i - X_{zb}^i)^2 \right]^{1/2}, \quad z = \overline{1,3} \quad (1)$$

где:  $X_{zo}^i$  – координаты точки наиболее эффективного размещения оборудования в  $z$ -й зоне ( $z = \overline{1,3}$ ) с точки зрения эргономичности (визуального контроля и доступности для обеспечивающей зоны);

$X_{zb}^i$  – ( $i = \overline{1,3}$ )  $i$ -е координаты базовой точки  $b$ -го оборудования  $O_{zb}(X_{zb}^1, X_{zb}^2, X_{zb}^3)$  ( $b = \overline{1, b^z}$ ) в  $z$ -й ( $z = \overline{1,3}$ ) зоне;

$L_{zb}$  – весовой коэффициент важности  $b$ -го оборудования с точки зрения близости к точке эффективного размещения в  $z$ -й зоне.

Максимальная устойчивость оборудования в основных зонах относительно проекции точки устойчивости центра тяжести МО на её дно за счёт минимизации отклонения реального центра тяжести МО от расчётной точки устойчивого центра тяжести МО:

$$U(X^i) = \min \left[ \sum_{i=1}^3 (X^i - X_{\text{мц}}^i)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

где:  $X_{\text{мц}}^i$  –  $i$ -я ( $i = \overline{1,3}$ ) координата проекции точки устойчивого центра тяжести МО на её днище;

$X^i$  –  $i$ -я ( $i = \overline{1,3}$ ) координата реального центра тяжести МО, определяется по формуле

$$X^i = \frac{\sum_{b=1}^{b^z} V_b X_b^i}{\sum_{b=1}^{b^z} V_b},$$

где:  $V_b$  – вес  $b$ -го оборудования

$X_b^i$  –  $i$ -я координата центра тяжести  $b$ -го оборудования.

Ограничения:

а) размещаемое оборудование должно принадлежать своей зоне  $\Omega_z$ :

$$O_{zb}(X_{zb}^1, X_{zb}^2, X_{zb}^3) \subset \Omega_z, \quad (z = \overline{1,3}), \quad (3)$$

б) должно выполняться условие непересечения размещаемого оборудования:

$$O_{zb}(X_{zb}^1, X_{zb}^2, X_{zb}^3) \cap O_{zd}(X_{zd}^1, X_{zd}^2, X_{zd}^3) = \emptyset \quad (4)$$

$$z = \overline{1,3}; \quad b, d = \overline{1, b^z}; \quad b \neq d$$

где  $\emptyset$  – пустое множество.

Разработанная обобщенная математическая модель (1) – (4) относится к классу многокритериальных задач размещения геометрических объектов произвольной формы в областях прямоугольной геометрической формы.

Если конфигурация внутреннего объёма МО такова, что выделяемая зона имеет произвольную форму с кусочно-линейными границами, а размещаемые объекты прямоугольной формы или достаточно точно аппроксимируются прямоугольниками, то решается задача размещения геометрических объектов прямоугольной формы в областях произвольной геометрической формы.

Реализация этой модели связана со значительными трудностями из-за большой сложности и размерности. Поэтому предлагается ее декомпозиция на частные задачи

компоновки оборудования по основным зонам. Последовательность их решения определяется иерархией основных зон.

Первоначально компоуется обеспечивающая зона путём размещения специализированного оборудования (зона 2). Зона 2 заполняется однородно выбранным комплектом специализированного оборудования на вертикальной полосе конечной длины, с помощью модели (1), (3), (4). Ширина и глубина зоны 2 определяется параметрами комплекта устанавливаемого оборудования. Ширина зоны 2 размещения обеспечивающих блоков фиксируется.

Площадь и объём зоны 2 вычитается из общей площади и внутреннего объёма МО. Оставшаяся часть разбивается на две зоны: функциональную и вспомогательную. Зона размещения функционального оборудования (зона 1) предусматривает работу с ПЭВМ, поэтому она должна быть расположена в зоне визуального комфорта среды функционирования с учетом эргономики и техники безопасности.

Аналогично решается задача компоновки оборудования функциональной зоны на рабочей поверхности столешницы по модели (1), (3), (4).

После компоновки оборудования в 1 и 2 зоне решается задача компоновки вспомогательной зоны 3 по модели (2)-(4).

Таким образом, разработаны обобщённая и частные модели компоновки МО и его основных зон, которые в отличие от известных, позволяют принимать компоновочные решения по многим функциональным критериям в зависимости от их приоритетов.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Васильев А.П. Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника / А.П. Васильев, В.И. Баловнев, М.Б. Корсунский и др.; Под ред. А.П. Васильева. – М.: Транспорт, 1989. – 287 с.

2. Мазур И.И. Управление проектами: Справочное пособие / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро. – М.: Омега-Л, 2009. – 960 с.

3. Модели и методы синтеза офисов по управлению программами и проектами / [Л.И. Нефёдов, Ю.А. Петренко, Т.В. Плугина, Н.Ю. Филь, М.В. Шевченко]. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 344 с.

4. Нефедов Л.И. Математические модели синтеза модулей, блоков и стендов передвижной лаборатории / Л.И. Нефедов, В.Е. Овчаренко, В.А. Щеголь, А.В. Овсиенко // Технология приборостроения. – 2007. – № 1. – С. 36-38.

## МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ В ЗАДАЧАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

Носов П.С., Косенко Ю.И.

Одесский национальный политехнический университет  
(Украина)

**Введение.** Развитие средств автоматизированного управления учебным процессом вуза в настоящее время сталкивается с необходимостью восстановления знаний студентов на различных этапах обучения. При этом фронтальные методы восстановления знаний не дают высоких результатов ввиду индивидуальности ситуации, способностями и опытом каждого студента [1]. В каждом отдельном случае необходимо учитывать потребности, интересы как студента, так и вуза. Таким образом, решение задачи восстановления знаний студента будет базироваться на результатах взаимодействия двух подсистем – интерфейса рабочей области студента и генератора обучающей программы.

**Описание модели.** Предполагается, что процесс восстановления знаний состоит из интерфейса А – генератора обучающей программы вуза, и интерфейса Б – рабочей области студента. Возможности взаимодействия каждого из интерфейсов определяются функцией деятельности, зависящей только от объема знаний-умений. Информационные ресурсы считаются постоянными и в модели явным образом не фигурируют.

Интерфейс А, планируя обучающую программу для каждого студента, определяет долю учебной информации для восстановления «забытых» знаний, предназначенную для подачи на интерфейс Б. Данная информация генерируется под каждого студента, выдается в начале занятия. Подбор информации для восстановления осуществляется в условиях необходимости для усвоения текущего занятия. Остальная часть информации направляется в базу данных (БД) интерфейса Б для последующей генерации занятий в момент  $t+1...n$ . В том случае, если интерфейс Б не сможет усвоить какую-то часть информации, то эта часть также попадает в БД интерфейса Б, но с пометкой о времени первичного изучения. Предполагается, что студент также условно делит свои знания на две части. Одна из них – не полностью закреплённая, «оперативная память» студента, требует повторения на один или более учебных сеансов. Другая часть знаний считается закреплённой и переходит в область «постоянной памяти» студента, контроль этой области осуществляется через большие промежутки времени. В том случае, если интерфейс А диагностирует «забывание» в области «постоянной памяти» студента, то эта часть информации переходит в область «оперативной памяти». В данной модели интерфейс А так же, как и Б, является интеллектуальным, как следствие интерфейс А преследует цель, которая состоит в максимизации общего количества усваиваемой учебной информации естественным интеллектом интерфейса Б за плановый отрезок времени  $[0, T]$ . Организация процесса взаимодействия интерфейсов А и Б направлена на максимизацию «постоянной» памяти студента.

Параметры модели имеют следующее формальное описание. Интерфейс А:

$K$  – объем не изученной на момент  $t$  студентом учебной информации, БД,

$F(K)$  – функция взаимодействия интерфейса А с БД,

$\mu$  – коэффициент затрат машинного времени на восстановление знаний,

$u$  ( $0 < u < 1$ ) – доля информации текущего планового занятия.

$(1 - u)$  – доля учебной информации для восстановления «забытых» знаний, предназначенная для подачи на интерфейс Б.

Интерфейс Б:

$C$  – объем изученной на момент  $t$  студентом учебной информации, БД,

$\Phi(C)$  – функция взаимодействия интерфейса Б с БД,

$\lambda > 0$  – индивидуальный коэффициент забывания студента,  
 $\nu (0 < \nu < 1)$  – доля знаний, которая остается в «оперативной памяти» студента.

Требуемый результат взаимодействия интерфейса А и Б запишем как (1):

$$S = \min\{(1-u)F(K), \nu\Phi(C)\} \quad (1)$$

Основной стратегией является выбор функций  $u(t)$  и  $\nu(t)$ . При этом поведение интерфейса А моделируется задачей оптимального управления (2).

$$\begin{aligned} \int_0^T S(t)dt &\rightarrow \max, \\ \dot{K} &= uF(K) - \mu K, \quad K(0) = K_0, \\ 0 &\leq u(t) \leq 1, \quad t \in [0, T] \end{aligned} \quad (2)$$

В свою очередь, поведение интерфейса Б описывается задачей (3):

$$\begin{aligned} \int_0^T (\Phi(C) - S)dt &\rightarrow \max, \\ \dot{C} &= S - \lambda C, \quad C(0) = C_0, \\ 0 &\leq \nu(t) \leq 1, \quad t \in [0, T]. \end{aligned} \quad (3)$$

Предполагается, что функции взаимодействия интерфейсов F и  $\Phi$  являются неоклассическими. Для функции F это означает выполнение следующих соотношений: F вогнута, дважды дифференцируема (4):

$$F(0) = 0, \lim_{K \rightarrow \infty} F(K) = \infty, F'(K) > 0, F''(K) < 0, F'(0) = \infty, \lim_{K \rightarrow \infty} F'(K) = 0. \quad (4)$$

**Характеристики состояний модели.** С математической точки зрения описанная модель (1)-(4) представляет собой дифференциальную игру двух лиц с непротивоположными интересами, поскольку суммарная величина их выигрыша  $\int_0^T \Phi(C)dt$  не является постоянной, а зависит от выбора  $u(t)$  и  $\nu(t)$ . Приведем описание стационарных траекторий построенной модели.

Будем рассматривать только постоянные управления  $u(t) \equiv u$ ,  $\nu(t) \equiv \nu$  и такие решения  $K(t)$  и  $C(t)$  дифференциальных уравнений, что  $\dot{K} = 0$ ,  $\dot{C} = 0$ .

В этом случае должны выполняться соотношения

$$\begin{aligned} uF(K) &= \mu K, \\ S &= \lambda C \end{aligned} \quad (5)$$

Уравнение (5) имеет единственный положительный корень  $K(u)$ , причем функция  $K(u)$  монотонно возрастает на отрезке  $[0, 1]$  от  $K(0) = 0$  до  $K(1) = \tilde{K}$ .

Предположим, что объем информации для восстановления знаний студента рассматривается в следующем равновесном состоянии:

$$Q(u) = (1-u)F(K(u)) = F(K(u)) - \mu K(u). \quad (7)$$

Тогда уравнение (6) примет вид:  $\min\{Q(u), \nu\hat{O}(\tilde{N})\} = \lambda\tilde{N}$ .

**Вывод.** Таким образом, появляется возможность управления балансом подачи информации, путем выделения ключевых фрагментов  $u$ , достаточных для усвоения учебного материала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Носов П.С. Принятие адаптивной стратегии при формировании траектории обучения в пространстве // Межвузовский журнал «Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы». – Херсон: ХНТУ. – 2007. – 1 (19). – С. 141-144.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТИ

Писклакова О.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(Украина)

**Введение.** Одной из наиболее важных проблем, возникающих в различных областях человеческой деятельности (технической, экономической, организационной и др.), является проблема совершенствования управления. Во многих случаях эффективное управление состоит в оптимальном использовании ресурсов. Природа ресурсов может быть различна, это могут быть материальные, энергетические, трудовые, временные и т.д. ресурсы. Например, в производственных системах в качестве ресурса может выступать оборудование, в системах массового обслуживания – обслуживаемые приборы, в теории составления расписаний – время и т.д.

**Результаты исследований.** Экстремальные задачи распределения ресурсов возникают в связи с тем, что объемы ресурсов являются ограниченными, и это приводит к конфликтным ситуациям.

Также особенностью задач распределения ресурсов является то, что во многих случаях их приходится решать в условиях неполноты исходной информации (неопределенности) и многокритериальности целевых функций. Основными источниками неопределенности являются:

- неполнота знаний о виде и параметрах производственных функций;
- неопределенности, возникающие при формулировании скалярных многофакторных оценок эффекта;
- неточности задания системы ограничений.

Неучет этих особенностей приводит к некорректным решениям, не имеющим практической ценности.

Существуют следующие классы распределительных задач:

- с однородными и разнородными ресурсами;
- с зависимыми и независимыми объектами распределения (потребителями);
- с одноэтапным и многоэтапным распределением;
- прямые и обратные и др.

Общими особенностями задач распределения ресурсов является наличие в них целевой функции, а также ограничений на объем ресурсов и на значения оптимизируемых переменных. Всякий набор переменных (вариант распределения ресурсов), удовлетворяющий ограничениям, определяет допустимый план. Процесс отыскания среди множества допустимых такого плана, который обеспечивает максимум (минимум) целевой функции, называется оптимизацией плана. План, при котором достигается экстремум целевой функции, называется оптимальным. Решение распределительных задач может быть выполнено на основе графических либо математических методов.

В общей постановке задача распределения ресурсов может быть сформулирована следующим образом. Пусть субъект  $S$  располагает некоторым моноресурсом в количестве  $D$ . Имеется некоторое ограниченное множество объектов  $O_i, i = 1, n$ , которые

претендуют на получение ресурса  $d_i$ . При этом спрос превышает предложение  $\sum_{i=1}^n d_i \leq D$ .

Получая ресурс  $d_i$ , каждый объект генерирует некоторый эффект  $V_i = F_i(d_i)$ , который возвращается полностью или частично субъекту  $S$ . Цель субъекта заключается в принятии такого решения, в результате которого  $V_S = \max_{d_i \in D} \sum_{i=1} V_i(d_i)$ , т.е. максимизируется суммарный эффект субъекта.

К такой постановке сводятся задачи формирования инвестиционных портфелей, определения номенклатуры выпускаемой продукции, развития производства и т.д. Для их решения разработаны вычислительные методы, проблемно-ориентированные на особенности задач. Определяющим признаком является вид оператора  $F_i$  (его часто называют производственной функцией), ограничений, а также счетность или несчетность множества допустимых решений. В этой связи можно указать методы непрерывного и дискретного линейного и динамического программирования, метод ветвей и границ, приближенные численные методы и т.д. Однако при этом, часто по умолчанию, предполагается, что получаемый эффект  $V_i$  является скалярной величиной, а все исходные данные – детерминированы. Также допущения не всегда корректны и могут приводить к идеализированным, иногда практически бесполезным результатам.

Современный подход к решению задач оптимального распределения ресурсов в условиях неопределенности в общем случае основан на двухкритериальном рассмотрении задач, когда одним из критериев является уровень суммарной эффективности использования ресурсов во всей совокупности объектов, между которыми распределяются ресурсы, а вторым критерием – мера неопределенности (риска) эффективного использования ресурсов. При этом первый критерий подлежит максимизации, а второй – минимизации.

Во всех случаях интервальной неопределенности оценка эффективности решения является интервальной, т.е. ограниченной слева и справа, величиной. Задача в этом случае заключается в выборе конкретного точечного решения на интервале решений.

Любому точечному решению соответствует некоторое ожидаемое значение эффекта (Value), которое определяется конкретными точечными значениями переменных. По определению, переменные являются интервальными, т.е. могут принимать с некоторой возможностью любые значения на интервале. Отклонение переменных от принятых точечных значений приводит к потерям (Loss). При этом потери могут быть двух видов:

- негативными ( $L_N$ ), что означает уменьшение эффективности по сравнению с расчетным уровнем за счет неблагоприятного сочетания значений параметров интервальных возможных значений (это аналог традиционного вероятностного риска R);
- позитивными ( $L_p$ ) – это недополученный эффект, который потенциально можно было бы получить, в связи с тем, что параметры приняли значения более благоприятные по сравнению с расчетными.

Технологию принятия решений с учетом указанных возможных потерь будем обозначать аббревиатурой VaL (Value-at-Loss) и называть VaL-технологией. Согласно VaL-технологии ожидаемый эффект  $V$  необходимо максимизировать, а потери обоих видов  $L_N$ ,  $L_p$  – минимизировать. При этом сумма  $L_N$  и  $L_p$  является постоянной величиной.

Очевидно, что позитивные ( $L_p$ ) и негативные ( $L_N$ ) потери имеют для пользователя (ЛПР) различную ценность:  $L_N$  – это прямые потери эффекта (финансов, времени выполнения работы, материальных ресурсов и т.д.), тогда как ( $L_p$ ) – это сожаление о недополученном потенциально возможном эффекте.



**Выводы.** Таким образом, задача распределения ресурсов и выбора точечного решения из интервала возможных решений рассмотрена как многокритериальная задача, учитывающая эффективность решения и возможные «позитивные» и «негативные» потери.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Крючковский В.В. Модель задачи распределения ресурсов в условиях многокритериальности и неопределенности / В.В. Крючковский, О.А. Пискалова, Ф.И. Филипская // Научно-технический журнал «Бионика интеллекта». – № 1 (72). – Харьков, 2010. – С. 61-64.
2. Автоматизированные системы управления городским хозяйством / И.В. Кузьмин, Э.Г. Петров, И.А. Алферов, В.В. Евсеев, Л.В. Мигунова. – К.: «Будівельник», 1978. – 144 с.

## СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ

Тимченко А.А., Бойко В.В.  
Черкаський державний технологічний університет  
(Україна)

**Вступ.** Автомобіль, як рухомий об'єкт, – це складна динамічна система автономного функціонування з керованою структурою, функціонування якої розвивається відповідно у часі. Уявлення про таку систему базується на поняттях входу, виходу і стану.

Показано, що опис системи у загальному випадку складається: з опису базисних елементів, визначення векторів вхідних і вихідних впливів для кожного елементу, їх сукупності та для системи в цілому, як і їх з'єднання. Повинна також міститись інформація про спосіб з'єднання елементів.

*Складність*, як властивість системи, характеризується різноманіттям як елементів, так і зв'язків (статичних, динамічних, логіко-динамічних) [1].

Тоді така модель складної системи характеризується наступними підсистемами, а саме:  $y = \{y_1, \dots, y_m\}$  – вектор елементів входу системи (структура передачі вхідних впливів системи на сукупності елементів);  $u = \{u_1, \dots, u_m\}$  – вектор елементів керованих впливів (власне структура системи);  $\lambda = \{\lambda_1, \dots, \lambda_m\}$  – вектор елементів збурення;  $x = \{x_1, \dots, x_n\}$  – вектор елементів виходу системи.

**Постановка задачі.** Розглядається задача управління об'єктом автономного функціонування на прикладі руху автомобіля та задачі системного моделювання і системної оптимізації будови, процесів функціонування та еволюції, а також сформовано підходи до розв'язання цих задач оптимізації на базі використання системних моделей [2].

Розглядається складна система, яку можна представити:

*Система* = {будова, функціонування, еволюція}.

Відповідно до методології системного проектування, яке визначається:

*Системне проектування* = {оптимізація будови (модель), оптимізація функціонування (моделювання), оптимізація еволюції (моделювання)}

У цьому випадку складна система розглядається у вигляді сукупності підсистем (сукупності математичних об'єктів) [3]:

$$\Sigma = (T, X, U, \Omega, Y, \Gamma, \theta, \eta), \quad (1)$$

де  $X$  – множина станів,  $U$  – множина миттєвих значень вхідних впливів,  $\Omega$  – множина припустимих вхідних впливів,  $Y$  – множина миттєвих значень вихідних величин,  $T$  – множина елементів у часі,  $\Gamma$  – множина вихідних величин,  $\theta$  – перехідна функція стану,  $\eta: X \times Y$  – вихідне відображення.

На функціональному рівні складна система розглядається як взаємодія об'єкта управління та засобів управління. Об'єкт управління, з точки зору моделі, розглядається як логіко-динамічна система (ЛДС = ДДС (диференціальна динамічна система) + КДС (скінченна динамічна система)).

**Результати досліджень.** Методи системного моделювання процесів функціонування, як основна процедура системного аналізу, базується на здійсненні процесів формалізації, по вищенаведеному алгоритму. Опис структури ґрунтується на *структурному підході* (ядро системного аналізу) – опис окремо взятих елементів і сукупностей зв'язків і дає можливість розглядати складну систему як мережу зв'язаних елементів, а саме:

$$\Sigma_1 = (E, w), \quad (2)$$

де  $E$  – множина елементів системи,  $w$  – сукупність структур, реалізованих у  $\Sigma_1$  [3].

Як відомо, закон функціонування системи означає порядок зміни її станів та повинен поєднувати обчислювальні процедури з вироблення керуючих впливів та визначати керування структурою і складом динамічної системи. У доповіді показано, що закон функціонування можна описати наступним чином:

$$\Sigma_2 = (\Sigma_1, (Z(s))_{s \in S}, (f_e)_{e \in E}, \mathcal{X}), \quad (3)$$

де  $Z(S)$  – сукупність сигналів,  $f_e$  – сукупність операторів елементів системи  $\Sigma$ ,  $S$  – множина зв'язків системи  $\Sigma$ . Для відомого вхідного сигналу  $Z/v$  потрібно визначити такий вихідний сигнал  $Z/w$ , щоб виконувалися при цьому рівняння функціонування:

$$Z/\psi(e) = f_e(Z/\varphi(e)), \quad e \in E. \quad (4)$$

При заданому вхідному сигналі  $Z/v_0$  потрібно визначити управляючу дію  $Z/v_1$ , для того, щоб виконувалася умова  $Z/\psi(e) = f_e(Z/\varphi(e))$ ,  $e \in E$ .

У доповіді система  $\Sigma_2$  називається *керованою*, якщо для будь-якого вхідного сигналу  $Z|U_0$  завдання керування системою  $\Sigma$  з цільовою множиною  $A = \{k\}$  і виконується вимога  $I(Z/w) \in A$ .

В основу процесів керованості покладено перелік основних маневрів (початкові, основні-функціональні, заключні та ін.). Розглядається виконання основних режимів, при цьому в тому чи іншому режимі розглядається провідна підсистема, на яку покладається досягнення основної мети функціонування, тобто процес функціонування з наступним моделюванням розглядається в наступній послідовності [4]:

*<мета функціонування>-<основні маневри>-<режими функціонування та маневрування>*.

Адаптація та подальша еволюція складної системи здійснюється відповідно до концепції 4-х «І» [інформатизація, інтеграція, інтелектуалізація та індивідуалізація]. Тоді можна записати:

$$\Sigma_3 = \{\Sigma_1, \Sigma_2, I\}, \quad (5)$$

де відповідно до вищепроведених етапів сформовано структуру та розглянуто основні режими функціонування відповідно до переліку основних маневрів.

Подальші етапи приймаються з урахуванням прогнозів відповідно до етапів ЖЦ. При цьому можна виділити дві основні підзадачі: визначення оптимального періоду «життя» автомобіля як об'єкта техніки з урахуванням якісних показників експлуатації; визначення обсягу можливого тиражування даної моделі. У подальшому за допомогою математичного моделювання послідовно розглядаються різні варіанти закону керування [4]. При цьому моделюються ситуації, які не можуть бути проімітовані в умовах макетування.

**Висновки.** Системний аналіз дає можливість розглядати автомобіль як складну багатомірну динамічну систему. Розглянуто методику розв'язання задач створення системи керування процесом руху автомобіля, використовуючи структурний синтез та розроблений комплекс засобів підтримки процесів системного проектування та системного моделювання.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Тимченко А.А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів: Основи системного підходу та системного аналізу об'єктів нової техніки: Навч. посібник / За ред. Ю.Г. Леги. – К.: Либідь, 2004. – 288 с.

2. Бойко В.В. Інформаційна технологія активної безпеки автомобіля. – Вісник ЧДТУ. – 2010. – № 4. – С. 8-13.

3. Тимченко А.А., Підгорний М.В., Бойко В.В. Дослідження структур та моделювання процесів управління багаторежимним об'єктом автономного функціонування: Матеріали II МНПК «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті». Том 1. – Херсон: Вид-во Херсонського державного морського інституту, 2010. – С. 218-220.

4. Бойко В.В., Тимченко А.А., Підгорний М.В. Математичне моделювання динамічних процесів безпечного руху автомобіля: Матеріали V НПК «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2010». Тези доповідей. – Київ. – 2010. – С. 156-157.

## КОМПОНЕНТЫ ИСПОЛНЕНИЯ ДЕЙСТВИЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Фесенко Н.Б.

Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины  
(Киев, Украина)

**Введение.** За годы развития робототехники появился ряд изменений среди компонентов исполнения действий робототехнических систем, которые недостаточно отражены в известных классификациях [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Как правило, выделяется отдельный признак, по которому различаются компоненты. Рассмотрение нескольких разделительных или объединительных признаков в текстовой форме без графического представления и интерпретации понижает уровень восприятия такой классификации и не дает общей картины. Между тем, для определения тенденций и успешного развития технологии важно составить о предмете исследования обобщенное представление. Поэтому актуально исследование компонентов исполнения действий робототехнических систем и проведение их общей классификации.

**Постановка задачи.** Целью настоящей работы является исследование компонентов исполнения действий робототехнической системы (рис. 1) и выполнение их обобщенной классификации.

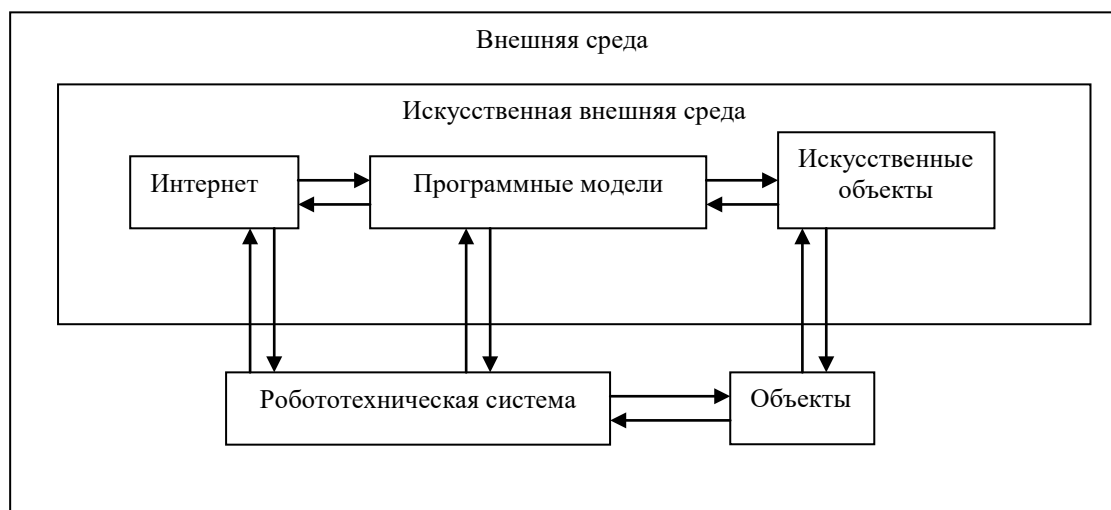


Рисунок 1 – Рабочая среда действия робототехнической системы

Первоначально заимствованный из биологии и медицины термин **effector** или **end effector** в технике обычно понимается как исполнительный элемент, исполнительный или **рабочий орган** робота. Несмотря на то, что принципы работы робота имеют свои различия в зависимости от назначения и способа его реализации, для обобщенной классификации удобнее использовать традиционный подход представления робота в виде следующих взаимодействующих подсистем. В качестве базовых компонентов типовой робот содержит **сенсорную подсистему** для восприятия окружающей его реальной или искусственной внешней среды, **подсистему исполнительных компонентов (эффекторов)** для исполнения действий робота посредством воздействия на искусственные и естественные объекты внешней среды, **подсистему управления**, которая позволяет роботу совершать целенаправленные действия напрямую или посредством программных моделей, движок (engine) или **двигательную подсистему** для приведения в действие исполнительных компонентов, **подсистему трансмиссии** (передаточных механизмов), осуществляющую силовую передачу от двигателей к шарнирам

кинематической последовательности, а также **основу** или каркас (корпус, шаблон) для расположения перечисленных подсистем.

В качестве первой тенденции в развитии компонентов исполнения действий робототехнических систем выделим **общее копирование части компонентов исполнения действий объекта** без выделения отдельных особенностей его подвидов (человек, пресмыкающееся, птица и т.д.). Например, роботы-беспилотники, копируя часть составных компонентов исполнения действий объекта-птицы, используют для полета двигательные установки, отсутствующие у прототипа, неподвижный жесткий фюзеляж с жестким креплением неподвижного хвоста, а их концевые эффекторы лишь частично копируют управляющие функции оперения. Или другой пример, относящийся к более чем двадцатилетним разработкам роботов-пресмыкающихся. Разработки робота-змеи с водонепроницаемой оболочкой, который может двигаться в любом направлении практически по любой горизонтальной поверхности, включая плавание по воде, с использованием в качестве компонентов исполнения действий головы и туловища, объединенного с хвостом, пока не затронули способности объекта-прототипа по перемещению в вертикальной плоскости посредством приподнимания части туловища, стойки, сворачивания в спираль, разворачивания, свисания, лазания, бросков, прыжков и перераспределения веса в процессе движения [8].

Наибольшее количество разработок приходится на эффекторные компоненты андроидных роботов. Прогрессу в этом направлении способствует так называемая tracking-технология отслеживания, фиксирования и точного копирования движений компонентов исполнения действий объекта при помощи установленной на нем специальной системы датчиков и видеонаблюдений. При этом для отслеживания механизма исполнения движения нателный сенсорный костюм может сочетаться с датчиками, закрепляемыми на мягких браслетах, и внешней системой наблюдения.

Наряду с продолжением разработок эффекторных компонентов андроидных роботов, появились удачные проекты по копированию птиц. Если беспилотники копировали обобщенный образ птицы с добавлением шасси (колесных, лыжных или корпуса) как компонентов эффекторов для перемещения по земле или воде, разгона при взлете, и торможения при посадке, то сейчас наблюдается тенденция к копированию компонентов исполнения действий конкретных птиц (колибри, чайки) в целом: головы, туловища, крыльев, ног и хвоста. Так, сверхлегкий (450 г) летающий робот Festo's SmartBird, копирующий чайку, может автономно без помощи дополнительных систем двигателей взлететь, совершить полет и приземлиться на землю [9]. Два электродвигателя используются только для изменения положения головы и секций туловища робота с целью придания ему аэродинамических свойств для управления его маневрированием. Созданию этого робота способствовал успех в расшифровке полета птиц. При опускании крыльев робота вниз степень их отклонения увеличивается за счет механизма рычага и возрастает от туловища к концам крыльев, а при взмахе крыльев используется завихрение вдоль их длины, результирующий момент которого направлен вверх. В функции наклоняемого хвоста помимо вертикальной стабилизации и учета подъемной силы, входит исполнение роли руля рыскания для инициализации поворота и вращения вокруг продольной оси. Помимо автономного, предусмотрен и радиуправляемый режим полета робота-птицы. Кстати, слово **bird** переводится с *англ.* и как птица, и как летательный аппарат (самолет, ракета, искусственный спутник). В перспективе подобный подход может быть распространен на использование дизайна и полетных возможностей любой другой птицы. Отметим здесь две тенденции – **автономность** и **детальное копирование компонентов исполнения действий отдельного образца объекта**.

**По подражению органам исполнения действий живого организма** разделим эффекторы робота на копирующие движения: человека (андроидные), животных, рыб, птиц, насекомых, пресмыкающихся, земноводных, моллюсков и т.п. При этом должны учитываться принципы действия этих живых существ, которые для классификации можно

использовать как разделяющие признаки. Соответственно, **по принципу действия** механических компонентов выделим: электромеханический, пневматический, реактивный (у моллюсков), аэромеханический, гидромеханический.

**По материалу изготовления** компоненты исполнения действий выполняют из металла, сплавов, диэлектриков, полупроводников, слоев, пленок, экранов, проводников, резины, сверхлегких материалов и др. Используется также сочетание различных материалов, например [10]: многослойное покрытие заземленной руки манипулятора работа с электрически изолированной оболочкой, в котором нижний слой является диэлектриком, после него идет слой токопроводящего экранирования, а верхний слой представляет собой узкую пластину электрода. Такой подход к выбору материалов изготовления манипулятора ориентирован на обнаружение близости руки или другой части тела человека при работе робота за счет формирования между ними обнаруживаемой емкостной связи.

Выбор материала в значительной степени определяется условиями работы компонентов исполнения действий, рабочей средой и назначением действий робототехнической системы. Так, робот-беспилотник, применяемый для замера уровня радиации и температуры над поврежденным атомным реактором, должен быть изготовлен по противорадиационной технологии. **По исполнению** выделим следующие варианты: нормальное, пылезащитное, теплозащитное, влагозащитное, взрывобезопасное, противорадиационное, комбинированное. Близкими являются такие признаки, как **рабочая среда, место установки и зона действия** компонентов исполнения действий. **По рабочей среде** разделим компоненты эффекторов на выполняющие свои действия **вне объекта** (робота): в безвоздушном (космическом) пространстве, воздушном, наземном, надводном, подводном, агрессивном; **на объекте**: микромир; **внутри объекта**: в трубопроводе, в горячей камере, во внутреннем пространстве живого организма и т.п. Аналогично, **по зоне действия**: вне объекта, на объекте; внутри объекта; а также **по месту установки**: вне объекта, на объекте.

Рассмотрим пример влагозащитного исполнения компонентов исполнения действий робота, зона действия которого расположена внутри объекта, в качестве которого служит трубопроводный транспорт. Если трубопровод (водопровод, канализация) расположен в труднодоступных местах, а повреждения являются незначительными, такими как трещины или разломы небольшой протяженности, от нескольких дециметров до нескольких метров, то в [11] предлагается ввести в трубу мобильный робот. Поверхность эффектора такого робота покрывается клейким материалом для запечатывания или пломбирования повреждений. Как только робот достигает места назначения, дистанционно нагнетается сжатый воздух, который раздувает компоненты эффектора робота. В результате такого раздувания компонент эффектора робота увеличивается в размерах и его поверхностный слой (насадка) под давлением “приваривается” клейким материалом к поврежденной поверхности внутри трубы. Спустя некоторое время, воздух из компонента эффектора робота выпускается и он уменьшается до первоначального размера, после чего робот извлекается из трубы. При этом пломбирующий материал остается в трубе, ликвидируя ее повреждение.

Особенность рассмотренного робота состоит в том, что его эффекторная компонента имеет изменяемый (переменный) размер. В перспективе такой подход может быть распространен на трубопроводный транспорт с агрессивными средами – нефть, керосин, бензин, дизельное топливо. При этом размер компонентов исполнения действий робота можно было бы задавать программно, в зависимости от диаметра трубы, где обнаружено повреждение и утечка. В странах ЕС имеется завод, который изготавливает резину соответствующего качества, способную функционировать в подобных средах. Сенсорно-эффекторная подсистема робота могла бы не только выявлять повреждения трубопровода и ликвидировать их, но и обнаруживать и блокировать несанкционированный забор нефти и нефтепродуктов. Аналогичные действия можно

производить на автозаправках, а также внутри топливной системы самого автотранспорта. На авиационном транспорте, когда топливные трубопроводы расположены в крыльях, в качестве дополнительной функции сенсорно-эффекторной системы робота следовало бы ввести отбор и анализ авиационного топлива для его контроля во время заправки. Отметим, что робототехнические комплексы колесных мобильных роботов серий P-100, -200 для телеинспекции трубопроводов с возможностью перемещаться только в горизонтально расположенной плоскости для перечисленных целей не подходят. К тому же далеко не все дефекты выявляются путем визуального обнаружения. По признаку **размера компоненты** исполнения действий робота разделим их на следующие классы: нано, микро, легкие, средние, тяжелые, макроэффекторы и эффекторы с изменяемым размером. Близким признаком, связанным с размером, формой и материалом изготовления, является **грузоподъемность** компонентов исполнения действий робота. По **грузоподъемности** манипулятора, крыльев, корпуса, шасси выделим следующие классы: сверхлегкие, легкие, средние, тяжелые, сверхтяжелые.

В данной работе впервые использован термин сенсорно-эффекторная подсистема робота. Дадим к нему следующие пояснения: под сенсорно-эффекторной подсистемой робота будем понимать объединение группы компонентов его сенсорной и эффекторной (подсистемы исполнения действий) подсистем для выполнения скоординированных действий. Необходимость координации действий обеих подсистем (сенсорной и эффекторной) послужила причиной к их объединению для решения ряда задач. Такое объединение может быть выполнено по изготовлению, размещению в одном корпусе, по управлению, по назначению и т.п. Например, направленное излучение определенной длины волны как вид действия эффектора робота должно предшествовать приему датчиком робота отраженной волны того же диапазона. Подобного рода эффекторную поддержку (излучение, экранирование, поднесение магнита для создания магнитного поля и др.) работы датчиков робота в литературе [3, 10] обычно относят к активным датчикам, игнорируя тот факт, что совершение эффекторами робота определенных самостоятельных действий происходит до срабатывания датчиков. Т.е. последовательность действий эффектор-сенсор заменяется на привычную датчик-действие (датчик-эффектор), при этом действие эффектора рассматривается как вспомогательное и из описания убирается. По **виду воздействия** разделим компоненты исполнения действий робота на следующие классы: контактные и бесконтактные, при этом сами действия выполняются одним компонентом, парой или коллективом (группой) компонентов.

По **виду балансировки** выделим следующие классы: уравнивающий груз, пружинную и двигательную балансировки [3], а также эффекторную балансировку, которая не использовалась в известных классификациях. Под эффекторной балансировкой будем понимать скоординированное использование компонентов исполнения действий для придания роботу, его составной части или объекту, на который направлено выполняемое действие, определенной степени устойчивости. Например, устойчивость при полете, прыжках, стоянии, шагании, беге, лазании, ходьбе по наклонной плоскости, поднятии груза и т.п. Так, при ходьбе с подъемом по наклонной плоскости андроидному роботу следует наклоняться в сторону движения и балансировать эффекторами-манипуляторами рук, тогда как при спуске наклон должен производиться в сторону, которая противоположна движению. Если же при этом следует поднять или удерживать груз, то действия второго манипулятора могли бы быть направлены на поддержание устойчивости как груза, так и робота и действий первого манипулятора, обеспечивая в целом скоординированное поддержание устойчивости механической системы. В качестве тенденции развития компонентов исполнения действий робота отметим их **координационное исполнение**. Казалось бы, что чем больше будет у робота разных эффекторов, тем больше робот будет уметь совершать различных действий. Однако именно требование координационного исполнения, когда каждый эффектор не мешает, а согласованно работает вместе с другими, ограничивает количество компонентов



исполнения действий робота. Но вместе с тем, чем большее количество звеньев содержит манипулятор робота, тем более сложную операцию он способен выполнить. Хотя признак **по числу степеней подвижности** разделяет манипуляторы на имеющие 1, 2, ..., n звеньев, обычно их количество не превышает десяти. При этом манипуляторы различаются **по виду сочленения** на плоское, винтовое, сферическое, цилиндрическое и вращательное. **По системе координат** объединим манипуляционные и локомационные компоненты исполнения действий робота в одинаковые классы. Для ориентации звенья манипулятора обычно используют сферические, угловые, цилиндрические и декартовы координаты. Локомационные компоненты исполнения действий робота наиболее часто используют декартову систему координат, а остальные виды применяют значительно реже.

**По виду компонентов** исполнительской системы робота разделим эффекторы мобильных роботов на колесные, гусеничные, руки, ноги, крылья, плавники, туловище и опоры – обычно от двух до восьми пар. В свою очередь, компоненты эффекторов колесного вида **по числу приводов** разделим на бесприводные тележки, с приводом на одну пару колес, с приводом на две пары колес, с приводом на каждую пару колес и с приводом на каждое отдельное колесо (типа луноход).

**По назначению действия** компоненты их исполнения разделим на следующие классы: пуск, приведение в движение, манипуляционное или транспортное перемещение, сдвиг, стоп (остановка), стояние, ходьба, шагание, бег, прыжки, вис, ползание (пожарного рукава), перекачивание, толкание, езда, плавание, полет (беспилотника, искусственного спутника), удар (по мячу), поднятие (по лестнице, груза), лазание, набор управляющих действий эффекторов, связанных с вождением и управлением движением – поворотами, вращением, рулями высоты, разгоном, торможением и т.п.; наборы рабочих действий, связанных с выполнением роботом профессиональных функций; поддержка функционирования сенсорной системы и системы индикации, комбинированные действия, а также специализированные действия технического, спортивного, игрового, военного характера и др. При этом компоненты исполнения действий робота могут воздействовать практически на любой объект, включая самих себя и другие компоненты робота. Однако воздействие на искусственные объекты (рис. 1) может производиться только посредством программой среды, в которой они созданы.

**По виду действия** эффекторов робота выделим следующие: программные, силовое поле, электромагнитное поле, излучатели (сигнализирующие и локационные), механические (манипуляционные и локомационные (мобильные, транспортные)) и комбинированные. В свою очередь, **по диапазону** излучения эффекторы-излучатели разделяются на оптические, инфракрасные, ультрафиолетовые, радиодиапазона, акустические, рентгеновские. **По точности движений**, как и **по быстродействию** компонентов исполнения действий робота, будем различать следующие классы: малая, средняя, высокая.

**По составу** будем различать компоненты исполнения действий робота с фиксированным составом или переменным (с различными насадками на схваты манипуляторов или каркас основы). **По виду насадок** выделим следующие: магнитные, пневматические, электромагнитные, вакуумные присоски, электромеханические, механические: касающиеся, захватывающие, удерживающие (включая магнитные), в виде рабочего инструмента, приспособления для сварки, для хирургической операции, для сверления, схваты для сборочных работ, игровые приспособления и т.п.

Для наглядности и охвата основных выделенных признаков компонентов исполнения действий робототехнической системы, представим разработанную обобщенную классификацию графически (рис. 2). Эта классификация включает двадцать три выделенных признака.

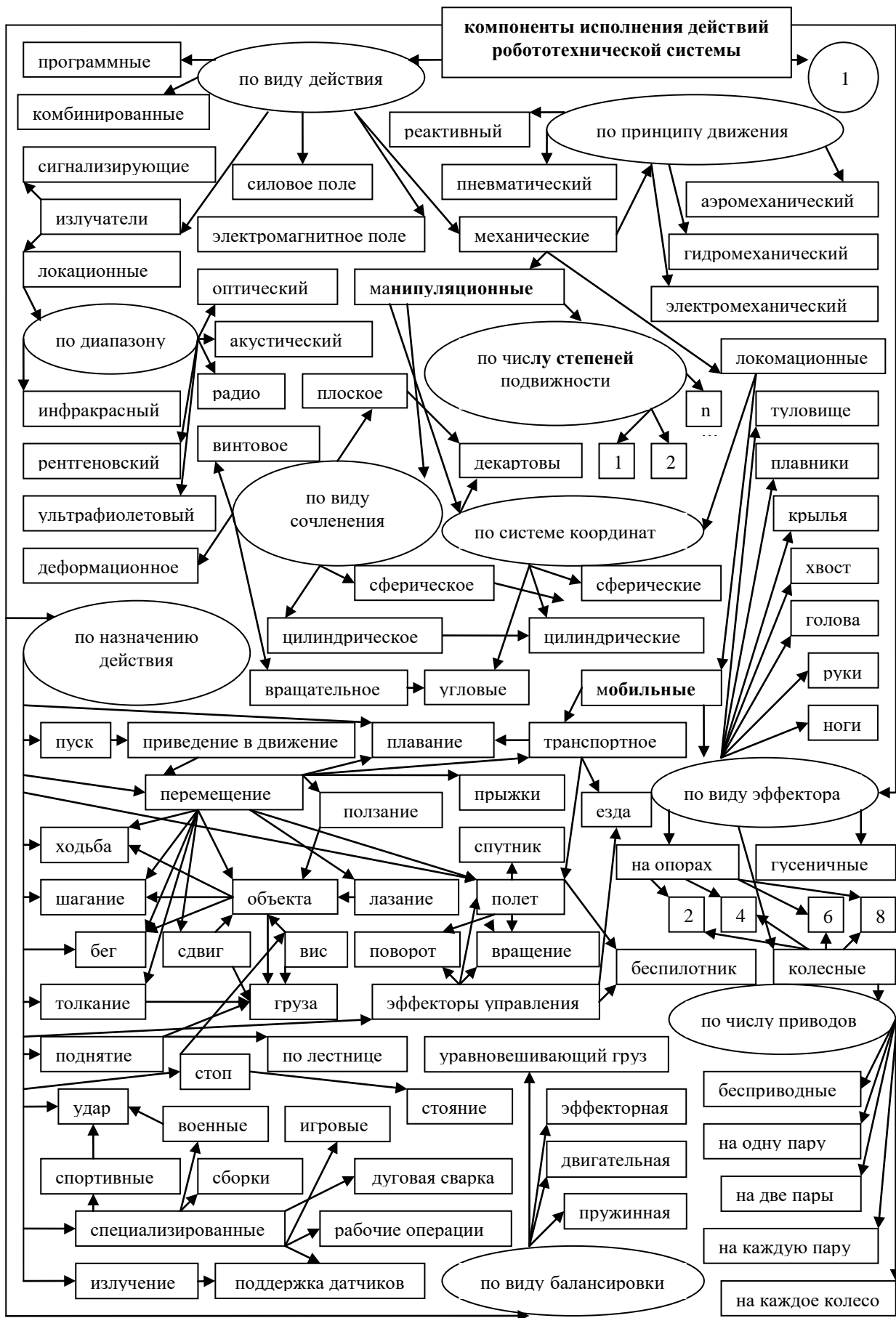


Рисунок 2 – Обобщенная классификация компонентов исполнения действий робототехнической системы (левая часть рис.)

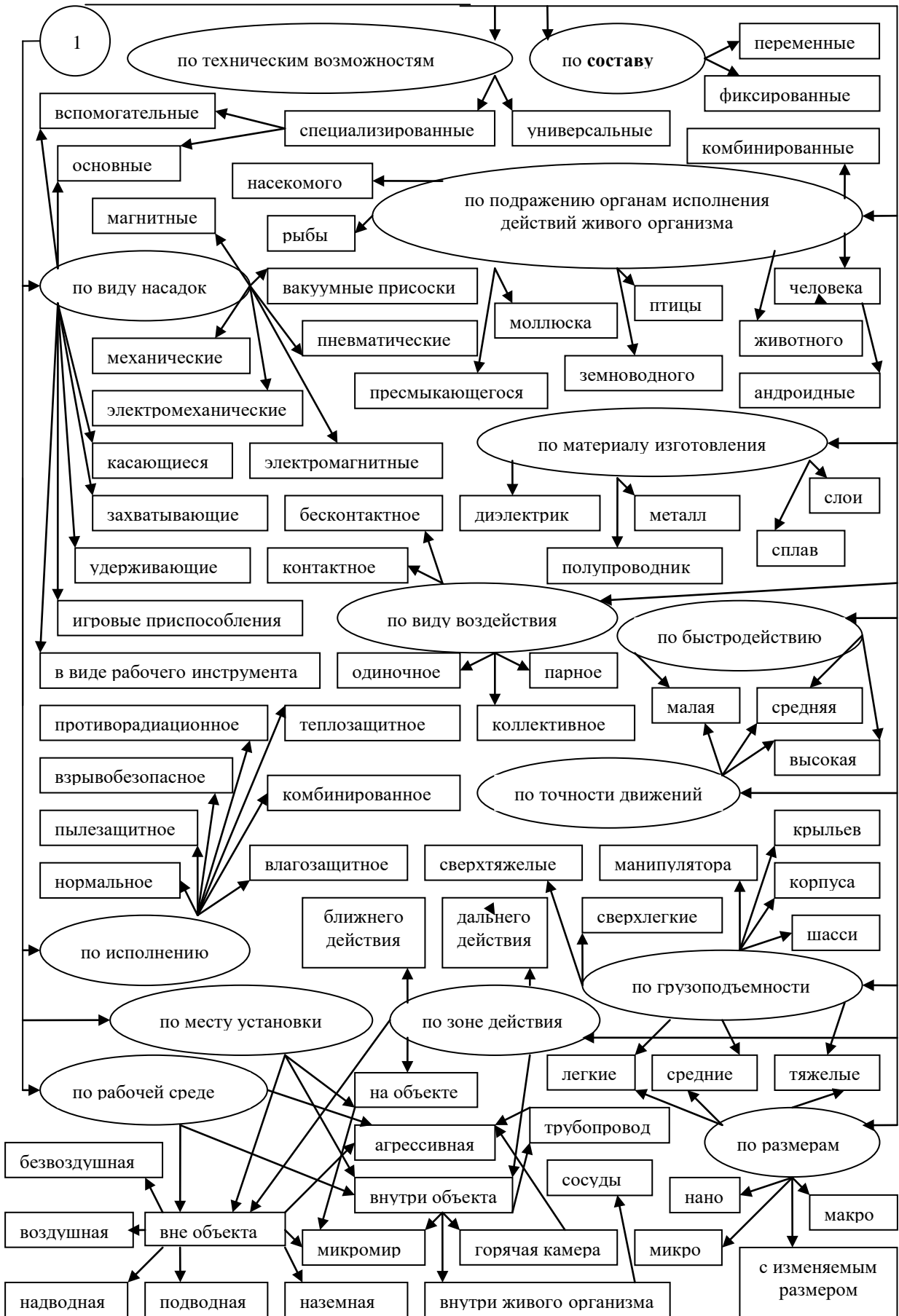


Рисунок 2 – Обобщенная классификация компонентов исполнения действий робототехнической системы (правая часть рис.)

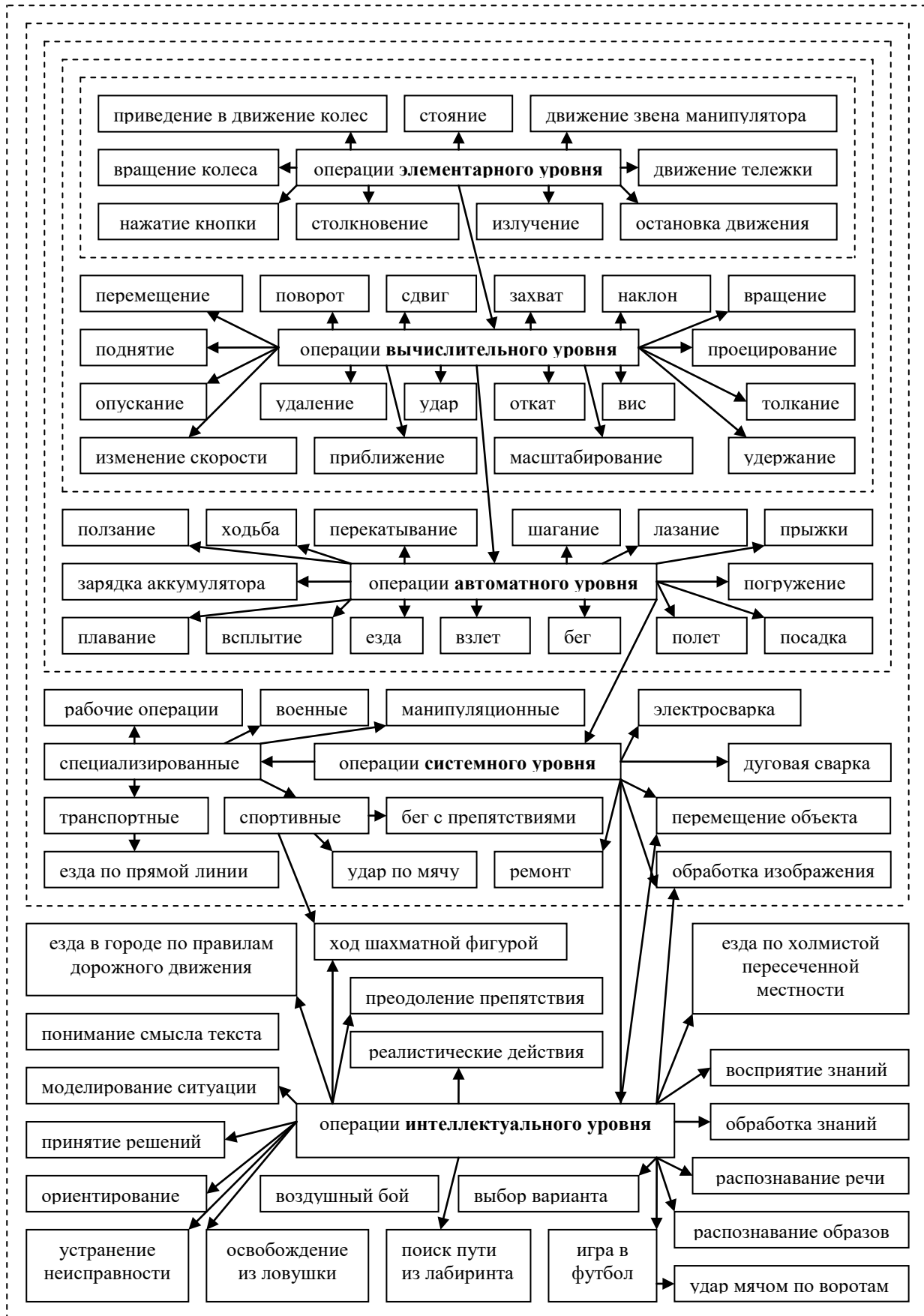


Рисунок 3 – Основные иерархические уровни действий робота

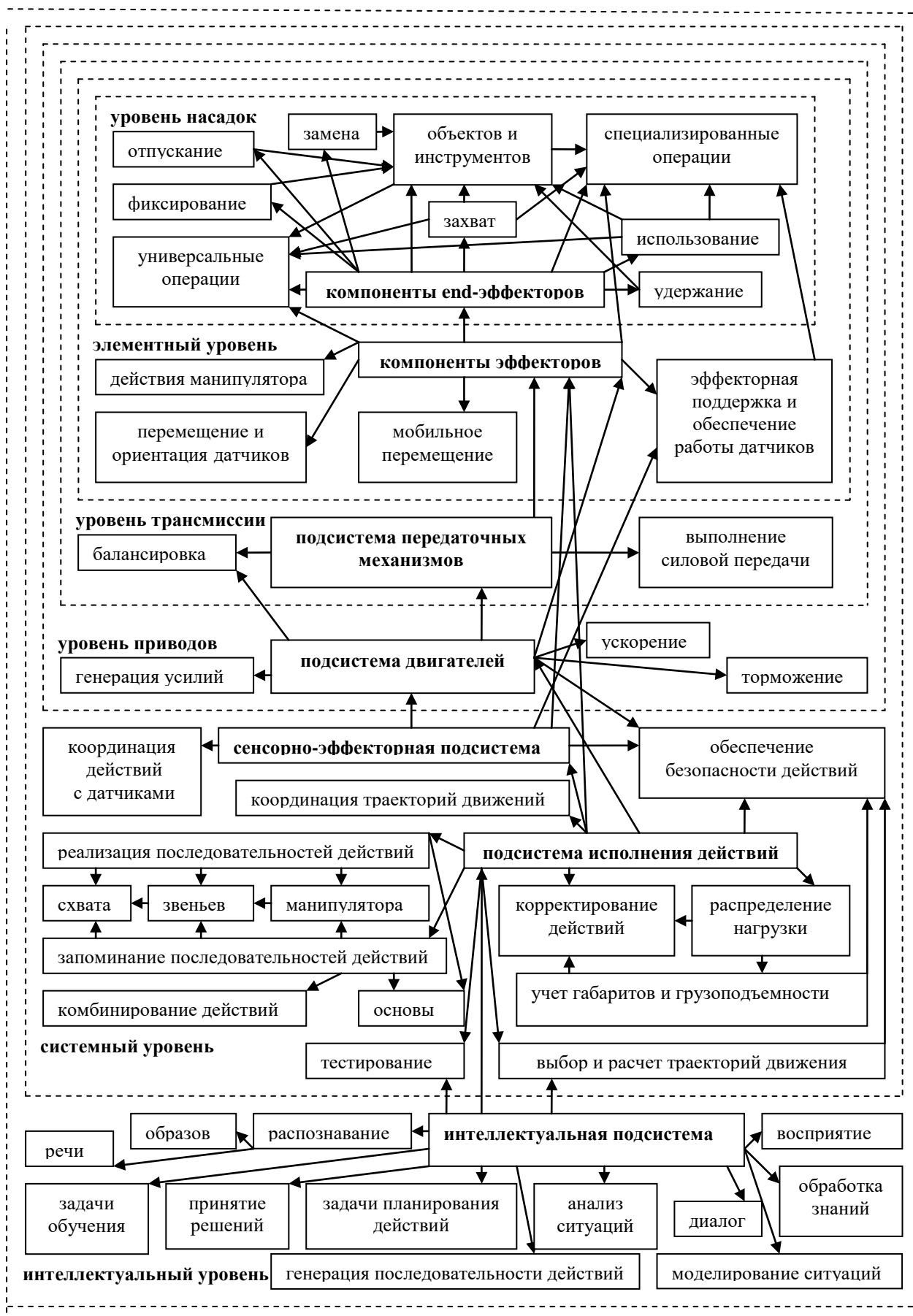


Рисунок 4 – Классификация компонент исполнения действий робототехнической системы по типу решаемых задач

Компоненты исполнения действий робота обычно способны выполнять заданную совокупность операций разной сложности. К операциям **элементарного уровня** отнесем следующую группу: начало действия, нажатие кнопки, приведение в движение, движение тележки, столкновение, вращение колеса, излучение, прекращение действия, стояние и др.

Группу действий, которые для своего выполнения требуют дополнительных вычислений, объединим в операции **вычислительного уровня**: поворот колес на определенный угол, наклон тележки на заданный угол, вращение объекта вокруг оси, направленное излучение, сдвиг, поворот, проецирование, перемещение объектов толканием, захват, фиксация, удержание, отпускание, удар, поднятие, опускание, приближение, удаление, изменение скорости, масштабирование и др. Более сложные действия соединим в группу операций **автоматного уровня**: ходьба, шагание, бег, зарядка аккумулятора, погружение, всплытие, прыжки, вис, взлет, посадка, ползание, перекачивание, езда, плавание, полет, поднятие объекта, перенесение, лазание и т.п. В группу операций **системного уровня** включим следующие действия: специализированные – военные, транспортные, манипуляционные, спортивные и рабочие операции, электросварку, дуговую сварку, движение тележки по прямой линии, обработку изображения, перемещение объекта и т.п. К **интеллектуальному уровню** отнесем операции распознавания образов, распознавания речи, преодоления препятствия, ориентирования, поиска пути из лабиринта, освобождения из ловушки, выбора варианта, езды по холмистой пересеченной местности, воздушного боя, реалистические операции, а также операции игр – шахмат, футбола и др.

Представим графически выполненное иерархическое группирование операций эффекторов робототехнической системы по уровню сложности их исполнения на рис. 3.

Каждая операция является многоплановой, в зависимости от ситуации и требований к ее выполнению. Так, операции ходьба и бег, обычно связанные с перемещением, могут как усложняться, если движение производится не по ровной поверхности, а по реальной холмистой местности в условиях соблюдения правил соревнований или по городским улицам с учетом правил дорожного движения, так и упрощаться, если оно производится на месте, т.е. при полном отсутствии перемещения. К более высокому иерархическому уровню относятся также некоторые из операций, включенных в менее сложные уровни, но теперь каждое из них перед исполнением требует дополнительных действий вычислительного, системного или интеллектуального характера – предварительного анализа ситуации и принятия решения. Например, операцию перемещения может производить: основание робота относительно абсолютной системы координат; каждый из двух манипуляторов робота относительно системы координат основания робота; схват манипулятора, которому нужно захватить объект относительно как абсолютных, так и относительных систем координат, при этом сам объект может совершать так называемое двойное перемещение – перемещаясь по другому подвижному объекту. Из этого примера следует, что одна и та же операция может иметь разный уровень сложности своего исполнения. Отметим, что в робототехнике проявляется тенденция как к **усложнению** действий эффекторов робота (электросварка, дуговая сварка и др.), так и к **модификации** и усложнению самих компонентов исполнения действий робототехнической системы.

К **уровню насадок** относятся **компоненты end-эффекторов**. На нем выполняются как специализированные операции, так и универсальные, а также операции по замене, захвату, фиксированию, удержанию, использованию, отпуску объектов и инструментов. **Элементарный уровень** включает **компоненты эффекторов**, задачей которых является выполнение специализированных и универсальных операций, включая действия манипулятора и мобильные перемещения, эффекторная поддержка и обеспечение работы датчиков, перемещение и ориентация датчиков. На **уровне**

**трансмиссии** подсистемой **передаточных механизмов** решаются задачи выполнения силовой передачи и балансировки. На **уровне приводов** подсистемой **двигателей** выполняются задачи генерации усилий, создания силовых моментов, балансировки и обеспечения безопасности действий. **Системный уровень** охватывает **сенсорно-эффекторную** подсистему и подсистему **исполнения действий**. Первая решает задачи координации действий с датчиками, эффекторной поддержки и обеспечения работы датчиков, обеспечения безопасности действий. Вторая – задачи реализации последовательности действий схвата, звеньев, манипулятора, основы и запоминания этой последовательности действий, координации траекторий движений, распределения нагрузки, учета габаритов и грузоподъемности, корректирования действий, тестирования и обеспечения безопасности действий. **Интеллектуальный уровень** содержит **интеллектуальную** подсистему, предназначенную для решения задач искусственного интеллекта робота, в том числе и для его компонентов исполнения действий: моделирование ситуаций, анализ ситуаций, принятие решений, планирование действий, генерация последовательности действий, выбор и расчет траектории действий, тестирование, восприятие, распознавание образов и речи, диалога, обработки знаний и обеспечение безопасности действий. Проведенная классификация показывает, что при помощи одних и тех же эффекторных компонентов можно решить задачи разной сложности. Это как два мастера с одинаковым инструментом, но разной квалификации – один выполнит работу, а у другого может и не получиться. Поэтому уровень сложности задач подсистемы **исполнения действий** робота в значительной степени определяется возможностями его системного и интеллектуального уровня при прочих равных условиях.

**Выводы.** В результате исследования компонентов исполнения действий типовой робототехнической системы выполнены обобщенная классификация компонентов исполнения действий робототехнической системы, иерархическое группирование операций эффекторов робота по уровню сложности их исполнения, классификация компонент исполнения действий робототехнической системы по уровню и типу решаемых задач. На основании проведенных классификаций выделены следующие основные тенденции развития компонентов исполнения действий робототехнических систем:

1. Общее копирование части компонентов исполнения действий объекта без выделения отдельных особенностей его подвидов.
2. Автономность компонентов исполнения действий.
3. Детальное копирование компонентов исполнения действий отдельного образца объекта.
4. Координация действий компонентов исполнения действий робототехнической системы и их последовательности.
5. Совмещение сенсорной и эффекторной подсистем в одну сенсорно-эффекторную подсистему для совместного координированного выполнения ряда определенных функций.
6. Усложнение, видоизменение и модификация как компонентов исполнения действий робототехнической системы, так и самих этих действий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Интегральные роботы // Сб. статей под ред. Поздняка Г.Е. – М.: Мир, 1973. – 421 с.
2. Челпанов И.Б. Устройство промышленных роботов. – СПб.: Политехника, 2001. – 203 с.
3. Юревич Е.И. Основы робототехники. – СПб.: БХВ. – Петербург, 2005. – 406 с.
4. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника. – М.: Мир, 1989. – 630 с.

5. Марш П., Александер И., Барнет П. и др. Не счастье у работа профессий. – М.: Мир, 1987. – 182 с.
6. Шахинпур М. Курс робототехники. – М.: Мир, 1990. – 527 с.
7. Предко М. Устройства управления роботами: схемотехника и программирование. – М.: Изд. ЛМК-Пресс, 2005. – 404 с.
8. <http://www.doctus.ru/item/2007/6/13/robot-zmeya>.
9. <http://www.Festo.com> creates SmartBird flying robotic seagull.
10. Фрайден Дж. Современные датчики: Справочник. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
11. Грісель Д., Бауер Д. Моніторинг стану і технічне обслуговування важкодоступних систем водопостачання та каналізації у густонаселених містах за допомогою ГІС // Вісник геодезії та картографії. – 1999. – № 3. – С. 23-24.



## ПРЕДПОСЫЛКИ РЕАЛИЗАЦИИ АДАПТИВНОГО ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ходаков В.Е., Величко Ю.И.  
Херсонский национальный технический университет  
(Украина)

**Введение.** В наше время информационные технологии глубоко интегрировались во все сферы жизнедеятельности человека. Уровень развития программных и аппаратных компонентов позволяет создавать системы любой сложности для решения широкого круга задач. Но, не смотря на высокую продуктивность, взаимодействия человека с компьютером находится не на самом оптимальном уровне. Выявление факторов, влияющих на продуктивность работы человека и компьютера, является приоритетной задачей при разработке ИС.

**Цель работы:** проанализировать основные области применения информационных систем. Выделить характерные факторы, влияющие на взаимодействие человека и компьютера в конкретной области. На основе наблюдений предложить рекомендации по увеличению продуктивности системы, определить роль интерфейса в проектировании ИС.

**Основное содержание.** Любая информационная система разрабатывается с конкретной целью для решения определенного рода задач. Хотя каждая система уникальна, можно выделить основные направления создания ИС:

Промышленное – системы для крупных производств;

Корпоративное – системы для небольших производств, организаций, объединений;

Пользовательское – системы для персонального использования.

Необходимо отметить, что на сегодняшний день, под разработкой информационной системы в большей степени следует понимать создание программных средств. Поскольку аппаратная часть приобретает уже готовой в виде составных блоков или целостной единицы. Полный цикл производства ИС (аппаратная часть и ПО) характерен для крупных производств с уникальными параметрами. Но и в этом случае будут использоваться серийные аппаратные компоненты. Это позволяет говорить о том, что проектирование информационной системы может включать в себя следующие этапы:

1. Компоновка аппаратной части ИС.

2. Определение характеристик аппаратной части.

3. Разработка программного обеспечения для решения поставленной задачи, в соответствии с характеристиками аппаратной части.

При этом, в цикле разработки ИС этап 1 может отсутствовать, если аппаратное обеспечение уже имеется. Этап 2 может отсутствовать, в случае когда аппаратное обеспечение уже имеется и его параметры определены. Пункт 3 всегда присутствует в процессе разработки ИС. Поэтому говоря далее, будем считать, что разработка ИС представляет собой разработку программного продукта для решения поставленной задачи, если не оговорено, что при этом необходимо разработать соответствующее аппаратное обеспечение. Следует отметить, что нельзя путать *разработку* информационной системы и ее *реализацию*.

Рассмотрим особенности проектирования систем для разных отраслей:

В *промышленности*, приоритет требований к ИС при проектировании смещен в область надежности системы и соответствия техническим условиям эксплуатации, в то время как фактор качества взаимодействия с пользователем отодвинут на второй план. Такие системы, как правило, конструируются в единственном экземпляре и рассчитаны для конкретных условий, они не переносимы, и практически не расширяемы.

Основным требованием к *корпоративным* системам является универсальность, и широкий спектр решаемых задач в области применения. Характерным для таких систем является интенсивное применение пользователями и сложная техническая структура.

*Пользовательские* системы характеризуются максимальной, сравнительно невысокой технической сложностью, узким спектром решаемых задач, и зачастую несовершенством метода решения задачи. К преимуществам пользовательских систем можно отнести повышенное внимание к системе взаимодействия с пользователем.

Идеальным решением при проектировании информационной системы было бы совместить качества всех трех вариантов: надежность, широкий набор средств для решения задач и удобный механизм взаимодействия с пользователем. Хотя в наше время это сделать практически невозможно, в силу того, что программное и аппаратное обеспечение компьютерных систем разрабатываются в независимости друг от друга, руководствуясь документацией и техническими требованиями. Поэтому разработчики ИС сталкиваются с проблемой низкой производительности систем, из-за конфликтов между составляющими компонентами – программной и аппаратной частью, человеком и компьютером.

Проанализируем проблемы создания информационных систем для вышеуказанных областей деятельности и докажем, что для повышения эффективности работы информационных систем в целом необходимо уделять больше внимания и средств, для проектирования качественных, адаптивных пользовательских интерфейсов.

Целью создания любой информационной системы является увеличение продуктивности работы в предметной области [1]. При этом общую продуктивность работы ИС можно представить в виде:

$$P = p_C p_H e_{HCI},$$

где  $p_C$  – производительность работы аппаратной и программной части системы (зависит от технических характеристик, оптимальности программного кода и совместимости программного кода с функциональными возможностями аппаратной части);

$p_H$  – производительность труда человека-оператора (зависит от ряда психофизиологических факторов, факторов окружающей среды и случайных раздражителей во время работы [2, 3]);

$e_{HCI}$  – эффективность взаимодействия человека и компьютера (оценивается скоростью ответных реакций оператора на возникшие ситуации, либо долей от максимально возможной скорости выполнения задачи);

Значение показателя продуктивности работы ИС может лежать в интервале от 0 до 1. Где 0 – система неработоспособна, 1 – система работает без задержек и без сбоев. Таким же образом может быть представлен и каждый из критериев, определяющих общую продуктивность. Значение каждого из параметров  $p_C, p_H, e_{HCI}$  лежит в интервале  $[0,1]$ . Поскольку для каждой области применения ИС можно спрогнозировать пороговые значения продуктивности разрабатываемой системы общая продуктивность запишется в виде:

$$P \in [P_{\min}, P_{\max}],$$

где

$$P_{\min} = p_{C_{\min}} \cdot p_{H_{\min}} \cdot e_{HCI_{\min}},$$

$$P_{\max} = p_{C_{\max}} \cdot p_{H_{\max}} \cdot e_{HCI_{\max}}.$$

Тогда общую производительность, для наглядности, можно представить в виде:

$$P \in [P_{\min}, P_{\max}] = [p_{C_{\min}}, p_{C_{\max}}] \cdot [p_{H_{\min}}, p_{H_{\max}}] \cdot [e_{HCI_{\min}}, e_{HCI_{\max}}].$$

Рассмотрим условные количественные показатели продуктивности работы ИС в разных областях деятельности:

*Промышленная ИС.* Особенностью при проектировании промышленной ИС является полный круг проектирования (разработка или компоновка аппаратной части и создание программной части), соответственно параметр  $P_c$  будет максимально высоким, что является основным достоинством промышленных систем. Хотя при таком подходе имеется существенный недостаток – расширение подобных систем или модернизация зачастую приводит к полной реконструкции всей системы. Параметр производительности человека-оператора в такой системе не определен точно, но вполне можно спрогнозировать допустимые отклонения, поскольку заранее известны категории пользователей подобных систем. Как правило – это люди со специализированным, зачастую техническим образованием. Также возможно, что на этапе проектирования будут известны конкретные лица, управляющие системой. Это дает уверенность в том, что показатель  $P_H$  таких систем также довольно высок. Роль интерфейса в промышленных ИС сводится к предоставлению доступа к механизмам управления системой. Как правило, это механические переключатели, световые либо звуковые индикаторы, экраны графического вывода информации. Такой интерфейс будет нерасширяем и требовать специальных знаний и навыков при работе с ним (как правило, они излагаются в технической документации к системе, которую необходимо изучать операторам перед началом работы). Обобщив вышесказанное, можно следующим образом характеризовать коэффициенты продуктивности работы промышленной информационной системы.

$$P \in [0.4, 0.69] = [0.85, 0.95] \cdot [0.8, 0.9] \cdot [0.6, 0.9]$$

Объясним количественные показатели:

$P_c$  – оценивается в диапазоне 0.85-0.95 – поскольку, как известно, не существует еще идеально быстрого компьютера и идеально оптимального программного кода, на сто процентов использующего ресурсы машины;

$P_H$  – оценивается в диапазоне 0.8-0.9, поскольку даже самый обученный пользователь не может моментально реагировать на сигналы компьютера, ему нужно время на выработку даже самого простого решения;

$e_{HCI}$  – оценивается в диапазоне 0.6-0.9, поскольку с ростом количества управляющих компонентов и индикаторов отображения информации, качество взаимодействия оператора и системы будет падать. Наилучший вариант – когда все управляющие элементы будут находиться в зоне досягаемости и при этом вывод сообщений будет абсолютно понятен оператору. Чего нельзя гарантировать ни в какой системе.

Исходя из вышеизложенных цифр, можно сделать вывод, что даже система, в которой все компоненты имеют высокий уровень производительности – далека от идеального состояния. В промышленной системе поднять общую производительность можно лишь за счет обучения и тренировки пользователей, поскольку остальные факторы неизменны, и даже при этом можно будет поднять лишь минимальный порог производительности. Максимум всегда будет ограничен качественными характеристиками аппаратной части системы и психофизиологическими возможностями человека.

Более нетривиально обстоит дело в области проектирования корпоративных и пользовательских систем.

*Корпоративные ИС,* как уже говорилось, рассчитаны на выполнение ряда задач, имеющих общую проблемную область (например, системы бухгалтерского учета предприятий). При разработке таких систем совершенно не известно качество аппаратной части компьютера и лишь условно известны характеристики конечных пользователей. В такой ИС общую производительность можно представить в виде:

$$P \in [0.06, 0.59] = [0.5, 0.95] \cdot [0.3, 0.9] \cdot [0.5, 0.7]$$

Объясним количественные показатели:

$P_C$  – оценивается в диапазоне 0.5-0.95 поскольку предполагается, что данные системы будут установлены на качественных компьютерах (поскольку организации должны быть заинтересованы в высокой продуктивности работы);

$P_H$  – оценивается в диапазоне 0.3-0.9, поскольку предполагается, что пользователи данной системы могут быть как и обученные профессионалы, так и неопытные молодые работники, поэтому нижний предел продуктивности не так высок;

$e_{HCI}$  – оценивается в диапазоне 0.5-0.7, поскольку, как правило, разработчики корпоративных систем уделяют достаточное внимание разработке интерфейса системы. Он, в большинстве случаев, включает механизмы обучения и поддержки пользователя, а также адекватно отражает процесс работы системы. Но такие интерфейсы по-прежнему остаются статическими, рассчитанными на среднестатистического пользователя. Зачастую пользователи остаются недовольными интерфейсами подобных систем, поскольку они либо избыточны, либо слишком тяжелы для понимания.

Улучшить продуктивность таких систем можно за счет обучения пользователя работы с системой и улучшения интерфейса, для повышения продуктивности взаимодействия ЧО и компьютера.

В пользовательских системах, заранее оценить какой-либо из факторов невозможно, поскольку такие системы могут быть установлены на любой по качеству аппаратуре, с ними могут работать люди абсолютно любой специальности и квалификации. При этом случается, что разработчики таких систем практически не уделяют внимания реализации интерфейса, делая его совершенно непонятным для большинства пользователей. Поэтому оценить производительность подобных систем можно следующим образом:

$$P \in [0.0, 0.59] = [0.0, 0.95] \cdot [0.0, 0.9] \cdot [0.1, 0.7]$$

Хотя с первого взгляда видно, что производительность таких систем может быть на очень низком уровне, легко заметить, что ситуация поправима. Для улучшения продуктивности необходимо устанавливать данные системы на соответствующие по техническим критериям компьютеры, и предоставлять полную документацию по работе с продуктом. И, конечно же, уделять больше внимания разработке интерфейса.

Проанализировав полученные результаты, можно отметить, что на параметр  $P_C$  невозможно влиять на стадии разработки продукта. В этом направлении задача разработчика сводится к тому, чтобы реализовать портируемость системы на как можно большее количество платформ, параметры которых заранее известны.

На начальное значение параметра  $P_H$  разработчик системы также не имеет никакого влияния.

Становится очевидным, что единственным параметром, формирующим общую производительность работы системы и входящим в компетенцию разработчика, является интерфейс. Только благодаря механизмам, заложенным в интерфейсе, система может существенно повысить свою производительность [4-7]. Для этого необходимо реализовать три основных свойства интерфейса:

- эргономический дизайн;
- встроенная система обучения и поддержки пользователя;
- встроенная система адаптации интерфейса под конкретного пользователя.

**Заключение.** В данной работе проведен условный анализ областей применения информационных систем. Выявлены основные составляющие продуктивности работы ИС. Проанализированы методы повышения продуктивности в зависимости от области применения информационных систем. Обосновано, что внедрение адаптивных пользовательских интерфейсов в систему на стадии проектирования существенно влияет на продуктивность вне зависимости от области применения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулаева Р.А. Проектирование адаптивных информационных систем (состояние вопроса). – Баку: Элм, 1997. – 54 с.
2. Костюк В.И., Ходаков В.Е., Системы отображения информации и инженерная психология. – К.: Вища школа, 1977. – 192 с.
3. Психологические проблемы взаимной адаптации человека и машины / Под ред. Б.Ф. Ломова. – М.: Наука, 1982. – 320 с.
4. Узеловский П.Я. Семиотические подходы к исследованию пользовательского интерфейса // Новости искусственного интеллекта. – 1994. – № 2. – С. 7-57.
5. Official Guidelines for User Interface Developers and Designers [Электронный ресурс] – Режим доступа:  
<http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/dnwue/html/welcome.asp>
6. Macintosh Human Interface Guideline [Электронный ресурс] – Режим доступа:  
<http://developer.apple.com/techpubs/mac/HIGuidelines/HIGuidelines-2.html#avail1-0>
7. Мандел Тео. Разработка пользовательского интерфейса. – М.: ДМК Пресс, 2001.

## СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ІНВЕСТИЦІЙНО-КРЕДИТНОЇ ПОЛІТИКИ

Чернега І.П.

Навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного системного аналізу»  
Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»  
(Україна)

Результатом проведеної роботи є система підтримки прийняття рішень для інвестиційно-кредитного процесу комерційного банку. СППР призначена для виявлення зв'язків у структурі кредитно-інвестиційного та депозитного портфелів на основі проведення системного аналізу показників.

Програмний продукт реалізовано в середовищі програмування MatLab R2009a.

Оскільки більшість соціально-економічних процесів є нестационарними (не мають постійного математичного сподівання або дисперсії), тому в СППР реалізовані методи аналізу та прогнозування стаціонарних і нестационарних часових рядів. Крім того СППР включає програмні рішення для виявлення взаємозв'язків між основними показниками та рівнів їх кореляції, визначення статистичних характеристик рядів, дослідження ефектів сезонності, виділення трендів та побудови економетричних моделей для аналізу та прогнозування досліджуваних показників.

У ході дослідження було проведено аналіз кредитно-інвестиційного і депозитного портфелів одного з українських комерційних банків, з використанням основних портфельних показників, що підлягають щоденному банківському контролю, а саме: короткострокові кредити, довгострокові кредити, довгострокові кредити в інвестиційну діяльність, прострочена заборгованість за кредитами, короткострокові вклади, довгострокові вклади, кошти на вимогу, процентні доходи за кредитними операціями, комісійні доходи, процентні витрати та ризики в розрізі видів операцій та видів клієнтів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Бокс Дж., Дженкінс Г. Аналіз часових рядів: Прогноз і управління. Вип. 1; Пер. з англ. – М.: Мир, 1974. – 405 с.
2. Єріна А.М. Статистичне моделювання та прогнозування: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2001. – 170 с.
3. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
4. Брейли Р., Майерс С. Принципы корпоративных финансов: Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 1997. – 1120 с.

**СЕКЦІЯ 2:**

**СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ  
СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ**

## МЕХАНІЗМ ВЗАЄМОДІЇ ПОЛІМЕРНОГО ВОЛОКНА, НАПОВНЕНОГО АБРАЗИВОМ, З ОБРОБЛЮВАЛЬНОЮ ПОВЕРХНЕЮ

Абрашкевич Ю.Д., Мачишин Г.М., Пелевін Л.Є.  
Київський національний університет будівництва і архітектури  
(Україна)

Щоденно виконуються масові трудомісткі операції з очищення різного роду поверхонь від лакофарбових покриттів, іржі та інших різного роду забруднень. Так щорічно підлягає очищенню майже 1 млн. м<sup>2</sup> металевих та до 5 млн. м<sup>2</sup> поверхонь з природного каменя [1].

Операції з очищення виконуються в поєднанні з ручними машинами, робочими органами яких є жорсткі абразивні круги, пружно-еластичні фіброві і пелюсткові диски, а також металеві щітки. Однак для обробки тонколистого металу та складнопрофільованих поверхонь не рекомендовано використовувати жорсткі абразивні круги, тому що вони завдяки своїй абразивності призводять до знімання деякої товщини металу з оброблювальної поверхні та порушують первинні геометричні параметри. До інструментів зі значною абразивністю, не зважаючи на обмежену еластичність, також слід віднести фіброві та пелюсткові круги, котрі також впливають на порушення геометрії поверхонь, що мають складний профіль. Але мала здатність до самоочищення під час роботи та заповнення міжзернового простору продуктами відходу призводить до втрачання ними ріжучої здатності. Застосування металевих щіток з властивим їм ефектом притуплення різальної кромки також недостатньо ефективно, так як під час роботи необхідно забезпечити реверсне обертання, що є неможливим при використанні ручного електричного інструменту. При чищенні виробів з природного камення, металевими щітками, частки ворсу забиваються у мікротріщини верхнього шару, що з часом призводить до ефекту «ржавіння». Піскоструменеве очищення металевих конструкцій та виробів з природного камення має ряд переваг, а саме покриття з поверхні знімають часточки піску за рахунок кінетичної енергії, можливість обробки під різними кутами та у важкодоступних місцях. Однак до недоліків слід віднести екологічну небезпеку для робітника та навколишнього середовища, оскільки пісок розлітається на великі відстані, особливо при очищенні висотних конструкцій та споруд.

У теперішній час велика увага приділяється вивченню еластичного полімерно-абразивного інструменту (обертової дії). Проведений аналіз дозволив встановити, що механізм роботи полімерно-абразивного інструменту забезпечує ефективну обробку завдяки ударній дії абразиву, закріпленого в полімерній матриці. Указаний інструмент на даний час є універсальним, адже він може використовуватися у:

- літакобудуванні – видалення задирок із лопатей турбін, коліс приводного механізму та розпірних елементів, видалення окисів та різних забруднень з корпусу літака;

- автомобільній промисловості – видалення легкої іржі, чорнове шліфування ґрунтівки для надання їй невеликої рівномірної шорсткості, видалення задирок з шестерень, зубчастих коліс та приводів, циліндричних головок, картерів та інших ущільнюючих поверхонь;

- електроніці – видалення задирок і тонке шліфування пластин, друкарських плат;

- меблевій промисловості – шліфування дерев'яних меблів і панелей, зняття ворсинок після лакування особливо на рельєфних поверхнях, шліфування клеєної фанери; в поєднанні з ручним інструментом, без забезпечення реверсу.

Монопольним виробником полімерного волокна, що наповнене абразивами, є фірма «Duron» (США), а технологія його виготовлення є секретом фірми. З даного волокна фірми «Osborn» і «Kullen Mez» (Німеччина) виготовляють щіткові інструменти



дискової форми різної конфігурації. Дослідження кінематики і динаміки процесу обробки такими щітками не проводились. Тому в НДІмехмонтаж у співпраці з КНУБА було розроблено технологію виготовлення полімерного волокна, наповненого абразивом, а потім щіткового інструменту двох типів: дисковий (нитки волокна перпендикулярні до осі обертання) та торцевий (нитки волокна паралельні осі обертання). При роботі дискового інструменту відцентрові сили, які діють уздовж волокон, збільшують їх динамічну жорсткість, що позитивно впливає на процес обробки поверхонь, а в торцевих, навпаки, намагаються вивести волокно з робочого положення.

Основними параметрами нитки абразивного волокна, які визначають можливість її використання, є: модуль пружності, що визначає статичну жорсткість нитки; межа витривалості на згин – кількість перегинів, котрі витримає волокно до руйнування; міцність на розрив; теплостійкість. Експериментально було визначено полімер, який забезпечує поставлені вище вимоги – поліамід-6, а в якості наповнювача було вибрано електрокорунд та карбід кремнію. Концентрація та розмір абразивного зерна в полімерній нитці впливають на ефективність роботи та лімітують міцність нитки. Робочу швидкість щітки визначає розривна міцність нитки, а теплостійкість – максимальне зусилля притискання інструмента до оброблювальної поверхні, тобто потужність приводної машини.

При виборі фізичної та математичної моделі процесу взаємодії робочого органу механічної щітки (ротор) пружне волокно (ПВ) з оброблювальним матеріалом (ОМ), буде розглядатись контактна задача «волокно-матеріал» у залежності від параметрів робочого органу (частота обертання, довжина волокна, час контакту) та характеристик оброблювального матеріалу (висота стружки, що змінюється волокном, її довжина, щільність матеріалу та його модуль пружності).

Розглянемо взаємодію одиничного волокна з оброблювальною поверхнею з наступним визначенням силових та кінематичних параметрів волокон щітки (рис. 1).

Виходячи із прийнятих сил, що діють у зоні контакту, будемо мати умову знімання стружки висотою  $\Delta h$  [2]:

$$F_0 \cos \alpha \geq \left[ \tau_{\text{сн}} \right] S_{\text{сн}} + k(F_0 \sin \alpha + mg), \quad (1)$$

де  $k$  – коефіцієнт тертя в зоні контакту;  $m$ ,  $S_{\text{сн}}$  – відповідно маса та площа надрізу шару;

$$a = \text{arccosh } h/l, \quad m = \rho S_{\text{сн}} \sqrt{l^2 - h^2}, \quad (2)$$

$$F_0 \cos \alpha \geq \left[ \tau_{\text{сн}} \right] S_{\text{сн}} + k(F_0 \sin \alpha + mg).$$

$$F_0 * \{ \cos \alpha - k \sin \alpha \} \geq \left[ \tau_{\text{сн}} \right] S_{\text{сн}} + k \rho S_{\text{сн}} \sqrt{l^2 - h^2},$$

$$F_0 \geq \frac{\left\{ \left[ \tau_{\text{сн}} \right] + k \rho \sqrt{l^2 - h^2} \right\} * S_{\text{сн}}}{(\cos \alpha - k \sin \alpha)},$$

$$\tilde{m} * \omega * (l + r) \geq \frac{\left\{ \left[ \tau_{\text{сн}} \right] + k \rho \sqrt{l^2 - h^2} \right\} * S_{\text{сн}}}{(\cos \alpha - k \sin \alpha)}, \quad (3)$$

$$S_{\text{сн}} = \Delta h * 2R_0$$

де:  $R_0$  – радіус волокна,  $\tilde{m}$  – маса на кінці волокна.

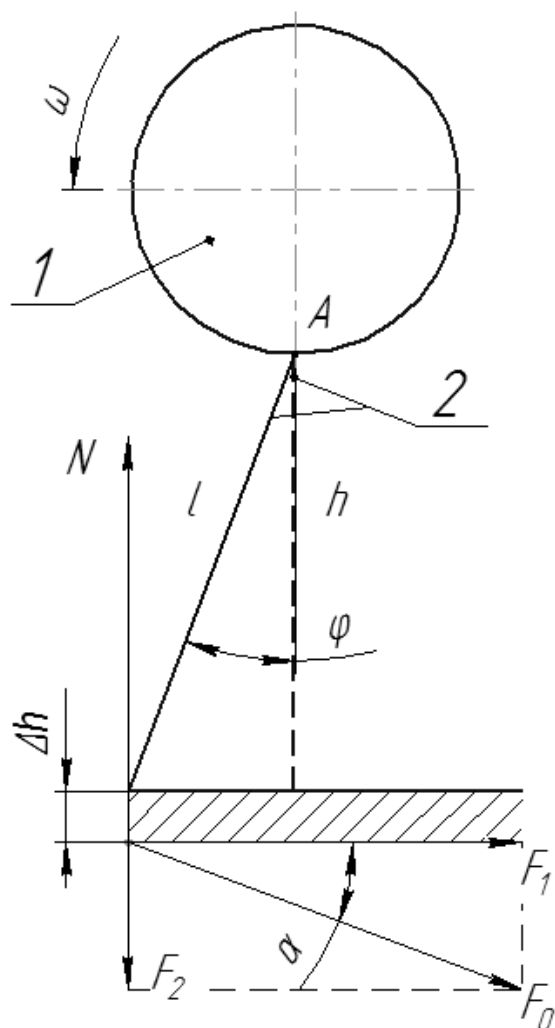


Рисунок 1 – Схема взаємодії волокна з оброблювальною поверхнею:

1 – круг, 2 – волокно

Тоді:

$$\tilde{m} * \omega^2 * (l + r) \geq \frac{\left\{ \left[ \tau_{\text{сн} \hat{o} \hat{a} \hat{o}} \right] + k \rho \sqrt{l^2 - h^2} \right\} * S_{\text{еїї} \hat{o} \hat{a} \hat{e} \hat{o} \hat{o}}}{(\cos \alpha - k \sin \alpha)},$$

$$a = \text{arccosh } h/l; S_{\text{еїї} \hat{o} \hat{a} \hat{e} \hat{o} \hat{o}} = \Delta h * 2R_0$$

$$\tilde{m} * \omega^2 * (l + r) \geq \frac{\left\{ \left[ \tau_{\text{сн} \hat{o} \hat{a} \hat{o}} \right] + k \rho \sqrt{l^2 - h^2} \right\} * \Delta h * 2R_0}{(\cos \alpha - k \sin \alpha)}. \quad (4)$$

Таким чином, залежність (4) визначає величину сили, яку необхідно мати для зняття стружки висотою  $\Delta h$  і є критерієм сили.

У момент удару абразивного зерна по матеріалу при зніманні стружки висотою  $\Delta h$  виникає миттєве джерело тепла [3]. Нитка нагрівається, а її температура може бути визначена із залежності

$$T_i(\rho; \varphi; z; t) = \frac{q}{\lambda \sqrt{a_T}} \times \frac{e^{-\frac{z^2 + \rho^2}{4a_T t}}}{(4\pi t)^{3/2}}, \quad (5)$$

де  $\rho; \varphi; z$  – циліндричні координати, початок яких збігається з торцем волокна;

$q$  – потужність миттєвого джерела тепла;

$t$  – час;

$\lambda; a_T$  – коефіцієнт теплопровідності та температуропровідності матеріалу нитки.

Кількість таких джерел ( $n$ ) відповідає кількості зерен у нитці, які одночасно беруть участь у роботі, тобто сумарна температура нитки дорівнює

$$T = \sum_{i=1}^n T_i. \quad (6)$$

Розглянемо ще ряд важливих особливостей, які повинні враховуватися при застосуванні щітки. У міру збільшення швидкості її обертання, динамічна жорсткість ниток зростає і при досягненні критичної швидкості робота щітки може бути порівняна з роботою абразивного круга. У цьому випадку абразивні зерна здійснюють не тільки удари, але і мікрорізання, що супроводжується інтенсивним нагріванням моноволокон та сприяє їх швидкому руйнуванню. Притиснення щітки до поверхні, яка обробляється, також викликає зміну механізму її роботи, так як після удару волокна не мають можливості відхилитися і абразивні зерна здійснюють мікрорізання. Теплове джерело стає не миттєвим, а діє деякий час, що дорівнює часу контакту зерна з матеріалом. Таким чином полімерно-абразивні волокна повинні тільки дотикатися торцями до оброблюваного матеріалу, при цьому енергетичні витрати порівняно невеликі і для приводу однієї щітки можуть використовуватися шліфувальні машини, потужність двигуна яких не перевищує 200...300 Вт.

Зношення полімерно-абразивних щіток визначається температурами, що виникають на робочій поверхні ниток ( $T_1$ ) і в місці їх закріплення ( $T_2$ ). При цьому механізми виділення енергії, що супроводжуються зростанням температур, різняться. Якщо в місці закріплення температура ниток підвищується за рахунок їх інтенсивних коливань, то в контактній зоні – внаслідок ударів і мікрорізання.

Розглянемо механізми відводу тепла із зони контакту. Воно може відводитися вглиб полімерної нитки, при цьому швидкість відводу визначається величиною коефіцієнта температуропровідності  $a_T$ , а також шляхом тепловіддачі з бічної поверхні нитки, яка визначається коефіцієнтом тепловіддачі  $a$ . Разом з тим безпосередньо близько від поверхні щітки існує приграничний шар, де поверхня практично повітрям не охолоджується.

Створення більш сприятливого теплового режиму в зоні контакту може здійснюватися шляхом вибору полімерних волокон з більш високим коефіцієнтом температуропровідності або спеціальними прийомами, що призводять до збільшення коефіцієнта Біо. Проте зі збільшенням швидкості обертання щітки її зносостійкість зменшується, тому більш перспективним є напрямок, пов'язаний з частковим руйнуванням приграничного шару. Це досягається шляхом використання енергії шпинделя для створення потоку повітря, спрямованого перпендикулярно вісі обертання щітки, при цьому вихровий повітряний потік, що виникає, руйнує приграничний шар на поверхні і призводить до зниження температури у волокнах.

Спрямований потік повітря може виникнути внаслідок застосування спеціальних конструкцій полімерно-абразивних щіток, волокна яких утворюють ніби лопаті вентилятора.

Варіювання інтенсивності спрямованого повітряного потоку, на нашу думку, дозволить ефективно оброблювати матеріали з низькими значеннями температуропровідності.

Вплив зазначених температур на зношення полімерно-абразивних щіток залежить від природи і форми матеріалу, що оброблюється. Так, при обробленні масивних

металевих деталей, руйнування моноволокна відбувається в місці їхнього закріплення, а при очищенні неметалевих і тонких металевих матеріалів – внаслідок їх плавлення. При цьому, якщо інтенсивність руйнування ниток у місці закріплення може ефективно регулюватися шляхом вибору оптимальних режимів оброблення, то в разі плавлення волокон режимна регуляція їх зношення не завжди є ефективною. Таким чином, зношення полімерно-абразивних щіток значною мірою визначається тепловими процесами, що відбуваються в зоні її контакту з оброблюваним об'єктом.

Даний інструмент поєднує в собі високу гнучкість полімерних волокон, у яких розподілені тверді з гострими ребрами зерна абразиву. Відмінними властивостями полімерно-абразивного інструменту є його універсальність, можливість обробки складнопрофільованих поверхонь, постійна абразивність, висока експлуатаційна стійкість, екологічна безпечність його використання для працюючого та оточуючих, невелика потужність ручних машин для його використання, рівномірний шліфувальний ефект, так як постійно утворюється новий абразивний матеріал, висока пружність та гнучкість без небезпечного руйнування, відсутність засалювання матеріалу робочими відходами, можливість застосування для вологих та сухих робіт, стійкість до дії слабких кислот та лугів, відсутність необхідності допоміжного підрізання робочої поверхні, великий термін роботи при оптимальних режимах, невеликому притискному зусиллі та незначному виділенні тепла.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Абрашкевич Ю.Д. Обоснование параметров и создание абразивного инструмента для ремонта и монтажа горного оборудования / Диссертация докт. техн. наук. – Киев – Москва, 1989.
2. Голоскоков Е.И., Филиппов А.П. Нестационарные колебания механических систем. – К.: Наукова думка, 1966. – 336 с.
3. Лыков А.В. Тепломассообмен. – М.: Энергия, 1978. – 479 с.

## МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА СУДНА-ПРОТОТИПА

Бондаренко А.В., Бойко А.П., Николаенко О.С.  
Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова  
(Николаев, Украина)

В процессе проектирования формы корпуса судна перед конструктором возникает задача получения геометрической судовой поверхности с требуемыми геометрическими характеристиками. Для этого можно создать новый корпус или скопировать, как можно точнее, существующий.

Задача создания нового корпуса в судостроительных САД системах решается с помощью так называемых «мастеров корпуса» (Hull Wizard) или же с использованием системы мастер-линий (корабельных кривых), через которые проходит поверхность.

Вторая задача сложнее и требует выполнения многократных итераций, что может оказаться довольно продолжительным процессом. Решение этой задачи зависит от многих факторов. При наличии таблицы плазовых ординат можно применить процедуру создания поверхности по ординатам. Но как показывает опыт работы в системе «Maxsurf», очень редко полученная судовая поверхность даёт удовлетворительные результаты. Во-первых, одной поверхностью практически невозможно качественно передать форму бульбообразной носовой оконечности, яблока гребного винта. Во-вторых, процесс имеет тенденцию сглаживать все характерные особенности поверхности, например, сломы, скулы.

При наличии теоретического чертежа задача не упрощается, поскольку использование метода построения «по сечениям» или любого другого в конечном итоге приводит к получению негладкой в продольном направлении поверхности. Всё это вызывает необходимость дальнейшего сложного редактирования поверхности.

Для устранения указанных недостатков можно использовать следующий метод построения судовой поверхности.

В качестве исходных данных построения судовой поверхности выступает теоретический чертеж, содержащий либо координаты точек в системе координат «теоретические шпангоуты – теоретические ватерлинии», либо линии теоретического чертежа, либо и то и другое. Если корпус судна задан аналитическими выражениями, то необходимо сформировать таблицу плазовых ординат и интерполировать все ватерлинии и линию палубы у борта.

Основные шаги построения судовой поверхности рассматриваемым методом в САД системе «Rhino»::

1. Двухмерные линии теоретического чертежа преобразовываются в трехмерные путем поворота и перемещения. В результате такого построения получается так называемая «проволочная» (wireframe) модель корпуса судна.

2. Анализируется форма корпуса и планируется его разложение на лоскутки (патчи). При этом необходимо, чтобы система базовых линий образовывала замкнутые участки, имеющие четыре граничных линии (одна из граничных линий может вырождаться в точку). Деление на участки «лоскутки» проводят так, чтобы внутри участка не было больших углов наклона и резкого изменения кривизны [1]. Поверхность судна можно, например, разбить на районы кормовой и носовой оконечностей, кормовой и носовой скул, плоскую часть днища, цилиндрическую вставку и т.д. При разбиении необходимо учитывать и ряд математических особенностей кривых и поверхностей, поскольку в САД системе «Rhino» используется математический аппарат NURBS кривых и поверхностей. В частности, необходимо обязательно выделять в отдельные участки поверхности между линиями сломов, участки плоского борта, плоского днища и участки линейчатых поверхностей. Также необходимо избегать разбиения гладких

поверхностей на отдельные участки. Стыковка таких участков, как правило, производится только по первой производной и не дает необходимой гладкости.

Формирование системы базовых линий выполняется путем редактирования проволочной модели (используя команды «разъединить, соединить, удалить» и т.п.) таким образом, чтобы можно было сгенерировать поверхности. Для генерации каждого лоскута необходимо получить три-четыре ребра (рис. 1). Все остальные шпангоуты, ватерлинии и другие кривые необходимо удалить.

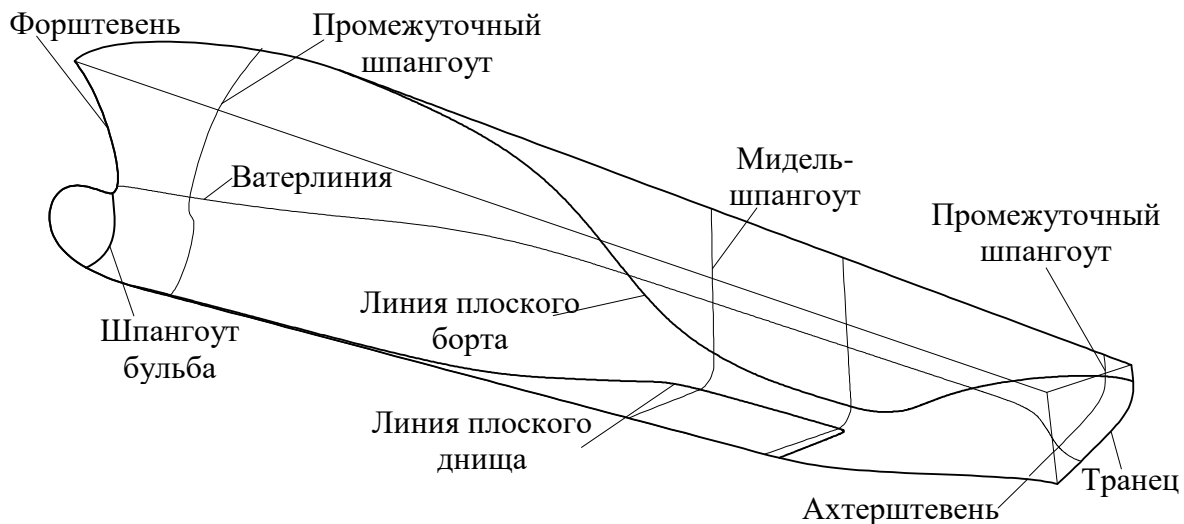


Рисунок 1 – Схема разбивки на лоскутки

3. Сначала создаются поверхности плоского борта и плоского днища, которые, в конечном счете, определяют граничные условия (позиция, точка касания, кривизна) с другими поверхностями.

4. Затем формируются внешние лоскуты поверхности, используя полученные граничные условия, чтобы учесть непрерывность лоскутков и получить плавность сопряжений.

5. Выполняется анализ качества полученных поверхностей (гауссова кривизна, линии кривизны и т.д.).

6. Если качество поверхностей недостаточное, то необходимо улучшить гладкость (fairing) требуемых ребер и внутренних кривых, возвратиться к шагу (3) и повторить генерирование поверхностей.

Преобразование полученной судовой поверхности под требуемые размеры и коэффициенты формы корпуса выполняется с использованием аффинного преобразования и метода «Lackenby» [2].

Таким образом, рассмотренный метод формирования корпуса судна-прототипа позволяет получить достаточно качественную и гладкую поверхность при наименьших затратах времени и труда.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ашик В.В. Методы построения и согласования судовой поверхности с помощью ЭВМ. – Л.: Судостроение, 1978. – 80 с.
2. Lackenby H. On the systematic geometrical variation of ship forms // Transaction of INA, 1950, Vol. 92. – P. 289-316.

## АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ УРОВНЯ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ И ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЕЁ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Бурко Д.Л.

Харьковская национальная академия городского хозяйства  
(Украина)

**Введение.** Транспортные проблемы крупнейших городов вызваны увеличивающимся количеством транспортных средств и неизменным отставанием темпов развития транспортной сети от потребностей движения. Такая диспропорция сопровождается негативными явлениями при функционировании транспортной сети, создавая заторы и негативные социально-экологические последствия.

**Актуальность исследований.** Анализ литературных источников по теме исследования показывает, что проблемы прогнозирования интенсивности движения, связанной с уровнем автомобилизации посредством коэффициентов роста, рассмотрены авторами в работах [1, 2]. Предложенные подходы учитывают следующие факторы, влияющие на темпы роста интенсивности движения: уровень автомобилизации, количество жителей, пробег транспортных средств по сети, характер перераспределения интенсивности движения по сети дорог, тенденции миграции населения, рост благосостояния населения. Вопросы влияния характеристик транспортной сети на эффективность её функционирования рассматривались в работах [3, 4]. В этих исследованиях особое внимание уделяется такому показателю, как плотность транспортной сети и её влиянию на расчетную величину транспортного потока. Наряду с этим, вопрос взаимного влияния уровня автомобилизации и характеристик транспортной сети на показатели её функционирования является малоизученным.

**Постановка задачи.** Задачей исследования в данной работе является анализ взаимосвязи уровня автомобилизации и характеристик транспортной сети с показателями её функционирования.

**Результаты исследований.** Одним из способов снижения нагрузки на транспортную сеть является внедрение мероприятий по её совершенствованию. Для выбора из перечня мероприятий необходимого, будь то мероприятия градостроительного характера или мероприятия в области организации движения, направленные на более эффективное использование существующих резервов городских улиц и дорог, возникает необходимость анализа влияния различных факторов на показатели функционирования транспортной сети. К основным показателям функционирования транспортной сети можно отнести общее время движения по сети ( $T$ , ч.) и транспортные затраты ( $C_{\text{тр}}$ , грн.). По тенденции изменения данных показателей принимаются решения о целесообразности применения мероприятий, направленных на улучшение организации дорожного движения в транспортной сети города.

Фактором, позволяющим оценить влияние количества транспортных средств, приходящихся на тысячу жителей, на показатели функционирования транспортной сети, является уровень автомобилизации. В работе [5] представлена методика определения перспективного значения данного показателя для г. Харькова в зависимости от перспективного количества жителей, покупательной способности населения и периода прогнозирования. Перспективный уровень автомобилизации ( $A$ , авт./1000 жителей) и значение перспективного количества жителей позволяют рассчитать коэффициенты роста [2] в административных районах города, что в свою очередь, характеризует изменение параметров транспортного спроса, влияющего на количество корреспонденций транспортных средств. Изменение количества корреспонденций в транспортной сети влияет на значение показателей её функционирования. Существующий уровень автомобилизации в г. Харькове составляет 151 авт./1000 жит. Представляется

целесообразным проанализировать изменение данного показателя в пределах  $A = 141-165$  авт./1000 жит. для периода с 2008 по 2014 гг.

Фактором, характеризующим непосредственно транспортную сеть, является её удельная плотность ( $q$ , км<sup>2</sup>/км<sup>2</sup>). Существующее значение данного показателя для г. Харькова составляет  $0,02$  км<sup>2</sup>/км<sup>2</sup>. Развитие города (освоение новых территорий, введение в эксплуатацию новых жилых массивов и др.) может вызвать как увеличение значения данного показателя, так и его уменьшение. Анализ влияния данной характеристики транспортной сети на показатели её функционирования, показывает, что в г. Харькове плотность сети может варьироваться в пределах  $q = 0,013-0,047$  км<sup>2</sup>/км<sup>2</sup>.

При помощи разработанного программного обеспечения [6], позволяющего оценить эффективность функционирования транспортной сети г. Харькова, представляется возможным проанализировать взаимное влияние уровня автомобилизации и удельной плотности транспортной сети на показатели эффективности, представив вышесказанное в виде:  $\dot{O} = f(A, q)$  и  $C_{\dot{O}} = f(A, q)$ .

Изменение уровня автомобилизации и удельной плотности транспортной сети в указанных пределах указывает на существование широкого диапазона изменения показателей функционирования. Так при минимальных значениях сочетания факторов ( $q = 0,013$  км<sup>2</sup>/км<sup>2</sup>,  $A = 141$  авт./1000 жит.) –  $\dot{O} = 64505,7$  ч.,  $C_{\dot{O}} = 116613,0$  грн., а при максимальных ( $q = 0,047$  км<sup>2</sup>/км<sup>2</sup>,  $A = 165$  авт./1000 жит.) –  $\dot{O} = 11821,0$  ч.,  $C_{\dot{O}} = 75989,2$  грн.

**Выводы.** Предложенная методика позволяет оценить взаимное влияние уровня автомобилизации и удельной плотности транспортной сети на общее время движения по сети и величину транспортных затрат и может быть использована при планировании мероприятий по организации движения и оценке их эффективности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
2. Системологія на транспорті: Підручник у 5 кн. / Під заг. ред. Дмитриченка М.Ф. – Кн. IV: Організація дорожнього руху / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля, О.Т. Лановий, І.Е. Линник, В.П. Поліщук. – К.: Знання України, 2005. – 344 с.
3. Фишельсон М.С. Городские пути сообщения. – М.: Высш. школа, 1980. – 296 с.
4. Фишельсон М.С. Транспортная планировка городов. – М.: Высш. шк., 1985. – 239 с.
5. Бурко Д.Л. Подход к определению перспективного уровня автомобилизации в городах // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – Выпуск 6/6 (36). – С. 33-36.
6. Лобашов А.О., Бурко Д.Л. К вопросу о расчёте рациональных характеристик транспортных потоков в городах // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2007. – Выпуск 5/3 (29). – С. 3-5.



## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ОТПРАВОК КОНТЕЙНЕРОВ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА**

Васильев И.А.

Дальневосточный федеральный университет  
(Владивосток, Россия)

Железнодорожный транспорт является одним из важнейших видов транспорта в междугородних и международных перевозках. Огромная доля грузовых перевозок по железной дороге осуществляется с использованием контейнеров [1]. Эффективность использования железнодорожных перевозок контейнеров начинается с организации процесса отгрузки контейнеров на железнодорожный транспорт. Процесс планирования железнодорожных отправок представляет собой сложную вычислительную задачу, поскольку для ее решения необходимо учитывать большое количество разнородной информации. Помимо этого, планирование отгрузки выполняется непосредственно перед выполнением фактической отгрузки контейнеров. Это связано с тем, что терминал не имеет возможности получить предварительную информацию о подходе железнодорожных платформ. В данной ситуации использование современных подходов решения задач планирования может существенно повысить оперативность и качество выполнения отгрузки контейнеров на железнодорожный транспорт и следовательно, увеличить производительность терминала в целом.

Автором проводятся исследования возможной автоматизации железнодорожной составляющей деятельности контейнерного терминала. Объектом исследования является процесс отгрузки контейнеров на железнодорожный транспорт на контейнерном терминале. Предметом – условия организации управленческих процессов, влияющие на ход выполнения работ по отгрузке контейнеров на железнодорожный транспорт. Целью проводимого исследования является разработка методов автоматизации процесса управления отгрузкой контейнеров на железнодорожный транспорт. В результате работы будет получена модель предметной области; сформулирована задача планирования процесса отгрузки контейнеров на железнодорожный транспорт в терминах разработанной модели; предложены методы решения задач автоматизации процесса управления отгрузкой контейнеров на железнодорожный транспорт; спроектировано и реализовано программное средство, помогающее специалистам контейнерного терминала грамотно планировать работу по организации отгрузки контейнеров.

Одной из важных задач, которую необходимо выполнить для достижения поставленной цели исследования, является формальная постановка задачи планирования процесса отгрузки контейнеров на железнодорожный транспорт. В работах автора была описана модель предметной области «Отгрузка контейнеров на железнодорожный транспорт», используя язык PDDL [2]. В работе были выделены объекты предметной области и отношения, существующие между ними, например: контейнер находится на терминальном тягаче, терминальный тягач находится около железнодорожного вагона, контейнер подходит для постановки на железнодорожный вагон.

Для решения задачи составления плана отгрузки контейнеров на железнодорожный транспорт сотрудник контейнерного терминала должен анализировать и использовать различную информацию о контейнерах, перевозимых в них грузах, железнодорожных вагонах и т.д. Модель задачи, записанная на PDDL, содержит различные объекты предметной области, например: ContainerTRLU5616573 – Container, RailwayCar54044292 – RailwayCar, RailwayCarOwnerTransgarant – RailwayCarOwner.

Входные данные задачи представляют собой информацию о размещении контейнеров на складе, весе и роде груза, находящегося в контейнерах, грузоподъемности и вместимости железнодорожных платформ и другой информации. Начальное состояние

входных данных описывается в виде множества означенных формул, которые считаются истинными. Таким образом, работает допущение о закрытости мира. Примерами формул, описывающих начальное состояние, могут служить: (ContainerAtStowageAddress ContainerTRLU5616573 StowageZoneA StowageSection1 StowageRow1 StowageLayer1), описывающая факт нахождения контейнера с номером TRLU5616573 по адресу A 1 1 1 или (ContainerWeight ContainerTRLU5616573) = 22.3, устанавливающая значение веса груженого контейнера TRLU5616573.

Помимо упомянутых элементов, описывающих начальный момент решения задачи планирования, модель задачи должна содержать информацию о размещении погрузочной техники на складе, положении железнодорожных вагонов на подъездных путях, времени работы бригад и допустимых сроков производства работ по отгрузке контейнеров. Эти и другие факты могут быть сформулированы с использованием отношений, описанных в модели предметной области.

Для принятия решения о возможности погрузки того или иного контейнера на определенный железнодорожный вагон сотруднику контейнерного терминала необходимо контролировать степень загруженности вагона по весу и размеру контейнеров. Помимо этого необходимо учитывать принадлежность подвижного состава конкретному собственнику и его возможность обслуживать определенную железнодорожную станцию. Подобные сложные условия, влияющие на результат планирования, могут быть описаны в виде выводимых формул и затем использоваться в качестве предусловий для выполнения действий плана.

Например следующее выражение определяет термин «Контейнер подходит для постановки на железнодорожный вагон»:

```
(:derived (ContainerMatchesRailwayCar ?container – Container ?railway_car –  
RailwayCar) (and(and(exists(?railway_station -  
RailwayStation)(and(ContainerGoesToRailwayStation ?container  
?railway_station)(exists(?railway_car_owner - RailwayCarOwner)  
(and(RailwayCarBelongsToRailwayCarOwner ?railway_car ?railwayCarOwner)  
(RailwayCarOwnerServesRailwayStation ?railwayCarOwner  
?railway_station))))))(<=(+(ContainerWeight ?container)(CurrentRailwayCarTonnageFullness  
?railway_car))(RailwayCarTonnage ?railway_car))(<=(+(ContainerSize  
?container)(CurrentRailwayCarCapacityFullness ?railway_car))(RailwayCarCapacity  
?railway_car))))
```

Разработанная модель задачи совместно с описанной ранее моделью предметной области может быть использована для решения производственных задач на контейнерном терминале в процессе организации отгрузки контейнеров на железнодорожный транспорт. Использование подобных интеллектуальных методов позволит описывать процессы, происходящие на контейнерном терминале в процессе отгрузки контейнеров на железнодорожный транспорт, эффективно реализовать планирование производственных процессов с возможностью корректировки плана в процессе его исполнения. Описанная модель задачи может быть успешно применена для решения задач планирования как на краткосрочный период деятельности контейнерного терминала, так и на стратегические промежутки времени.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Организация контейнерных перевозок грузов [Электронный ресурс] <http://www.tgs-jd.ru/8-transportno-gruzovye-kompleksy-dlya-kontejnerov/8-2-organizaciya-kontejnnyx-perevozk-gruzov/>

2. Gerevini A., Long D. Plan Constraints and Preferences in PDDL3. Technical Report, Department of Electronics for Automation, University of Brescia, Italy, 2005.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ЗАМКНУТОМ ОБЪЕМЕ

Велигурский В.О.

Одесский государственный экологический университет  
(Украина)

Одной из проблем, которая возникает в ряде актуальных задач теплообмена, является проблема распределения тепла и поддержка заданной температуры путем управления температурным режимом в замкнутом объеме [1]. Эту проблему невозможно решить путём эмпирического анализа различных технологических, проектных, материаловедческих и конструкторских реализаций и предложений [2]. Эффективным способом поиска решений данной задачи может быть математическое моделирование комплекса процессов, протекающих в реальных системах, потребляющих и рассеивающих тепловую энергию, с последующей опытной проработкой наиболее эффективных решений и схем.

Рассмотрим задачу пространственного нестационарного теплопереноса в объекте, представляющем собой замкнутый объем с локально сосредоточенными источниками тепловыделения и неоднородными граничными условиям на внешних и внутренних границах области решения. Необходимо исследовать однородность распределения температурного поля в данном объекте. Для примера рассмотрим краевую задачу теплопроводности для области, представленной на рис. 1.

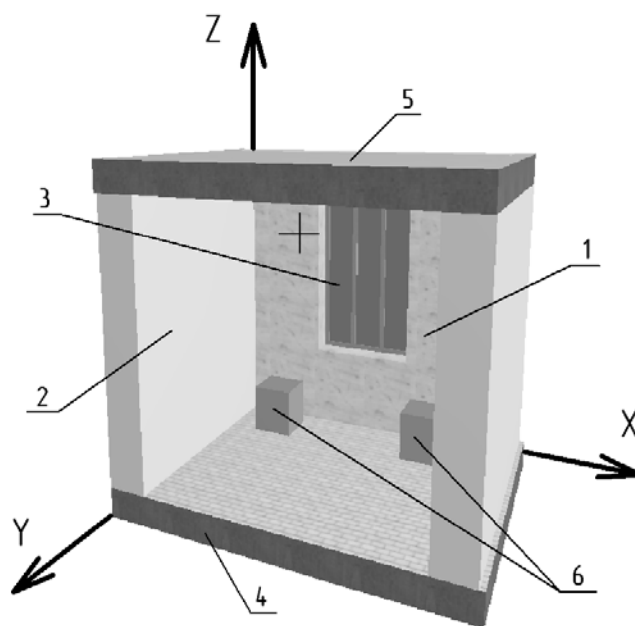


Рисунок 1 – Область решения рассматриваемой задачи: 1-5 – граничные условия (1 – кирпичная стена; 2 – воздух; 3 – стеклянное окно; 4 – деревянный пол; 5 – бетонная плита); 6 – локально сосредоточенные источники тепловыделения.

Область решения включает 12 параллелепипедов, имеющих разные размеры и теплофизические характеристики. На границах между всеми параллелепипедами и на границах с внешней по отношению к рассматриваемому объекту средой ставятся соответствующие граничные условия. Исследуемая в данной работе модель объекта теплопотребления достаточно хорошо описывает помещение, отапливаемое за счёт внешней системы отопления в условиях интенсивного теплообмена с внешней средой [3], что наибольшим образом подходит для оборудования минитеплицы.

Задача решалась в рамках модели теплопроводности без учёта возможного теплопереноса за счёт естественной или вынужденной конвекции. В такой постановке процесс переноса тепла в анализируемом объекте описывается системой нестационарных уравнений теплопроводности с нелинейными граничными условиями. Так же в модели теплопереноса теплицы не учитывается влияние самих растений на распределение тепла в данном объеме, что корректно лишь в начальной стадии роста растений, а при заполнении ими пространства модель требует корректировки. Таким образом, строится базовая модель, которая в дальнейшем будет усложняться путём учёта и внесения наиболее важных факторов и влияний для создания необходимого микроклимата.

Распределение тепла в рассматриваемой области описывается уравнением теплопроводности, которое является основной математической модели [4]:

$$\rho_i c_i \frac{\partial T_i}{\partial t} = \lambda_i \left( \frac{\partial T_i}{\partial x_2} + \frac{\partial T_i}{\partial y_2} + \frac{\partial T_i}{\partial z_2} \right), \quad (1)$$

где  $T = T(t, x, y, z)$ ;  $T_{i,i}$  – температура;  $x, y, z$  – декартовы координаты;  $c_i$  – удельная теплоемкость;  $\rho_i$  – плотность;  $\lambda_i$  – теплопроводность  $i$ -ого материала;  $i=1-5$  (1 – кирпичная стена; 2 – воздух; 3 – стеклянное окно; 4 – деревянный пол; 5 – бетонная плита);  $t$  – время.

В модели введены такие граничные условия. Предполагается, что источники тепловыделения имеют постоянную в течение всего времени температуру, а на их границах выполняются граничные условия первого рода.

Сформулированная краевая задача решается методом конечных разностей [5]. Особенность рассматриваемой задачи состоит в том, что область решения включает несколько элементов с существенно различными по величине теплофизическими характеристиками. При этом самая большая подобласть решения имеет размеры в сотни раз отличающиеся от размеров характерных подобластей с существенно отличными коэффициентами теплопроводности и температуропроводности. В связи с этой особенностью решение сформулированной краевой задачи невозможно с применением регулярной и равномерной разностной сетки в заданном диапазоне изменения основных параметров.

Поэтому применялась неравномерная разностная сетка со сгущением вблизи границ раздела подобластей с различными теплофизическими характеристиками материалов.

Проведенные исследования показывают неоднородность распределения температурного поля в замкнутом объеме с локально сосредоточенными источниками тепловыделения и неоднородными граничными условиями на внешних и внутренних границах области решения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Полуэктов Р.А., Смоляр Э.И., Терлеев В.В., Топаж А.Г. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур. – СПб., 2006. – 400 с.
2. Тигранян Р.Э. Микроклимат. Электронные системы обеспечения – М.: РадиоСофт, 2005. – 112 с.
3. Изерман П. Цифровые системы управления. – М., 1984. – 560 с.
4. Гайдук А.Р. Математические основы теории систем автоматического управления. – М., 2002. – 600 с.
5. Пупков К.А., Коньков В.Г. Интеллектуальные системы. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 348 с.

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ ТОПЛИВОПОДГОТОВКИ В СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ГЕНЕРАТОРАМИ

Горбов В.М., Карпов М.А.

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова  
(Николаев, Украина)

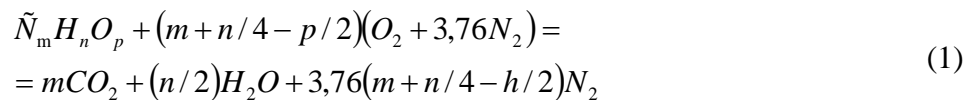
**Введение.** Водород как топливо играет важную роль в энергетических установках будущего. При его производстве из возобновляемых ресурсов – это чистое, не содержащее углерода сырье для получения электрической энергии с применением традиционных двигателей внутреннего сгорания либо электрохимических генераторов (ЭХГ).

**Актуальность исследования.** Идея использования ЭХГ в составе судовых энергетических установок (СЭУ) требует наличия безопасных и эффективных систем хранения водорода. В настоящее время ни один из технически выполнимых химических или физических способов хранения водорода не удовлетворяет существующим требованиям. Для ЭХГ в составе СЭУ мощностью более 100 кВт целесообразнее производить водород на борту судна из судовых водородосодержащих топлив, таких как дизельное топливо, природный газ, метанол [1]. Рационализация способа получения водорода на борту судна – необходимый этап исследования по внедрению данной технологии в морской сектор. Критериями для выбора варианта производства водорода являются эффективность, массогабаритные показатели, стоимость, безопасность.

**Результаты исследования.** Основными преимуществами метода получения водорода на борту судна по сравнению с использованием заранее произведенного водорода является отсутствие необходимости создания береговой инфраструктуры получения и транспортировки водорода (это самостоятельная задача, требующая выполнения целого ряда специальных требований). Кроме того, технология получения водорода на борту выигрывает перед хранением по уровню взрывобезопасности, так как количество используемого в ЭХГ молекулярного водорода определяется мощностью энергоустановки, при этом выделение его прекращается при остановке подачи реагентов в зону реакции.

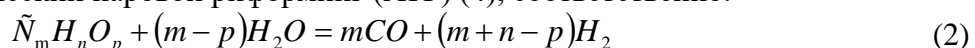
Традиционным способом получения водорода является термохимическое разложение углеводородного топлива – риформинг. В результате многоступенчатой кислородной и/или паровой конверсии углеводородного топлива (природного газа, дизельного топлива, метанола) можно получать водородосодержащий газ с объемной долей водорода до 80 %, остальное – преимущественно углекислый газ.

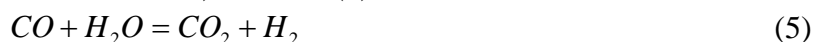
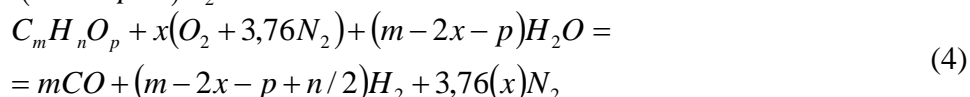
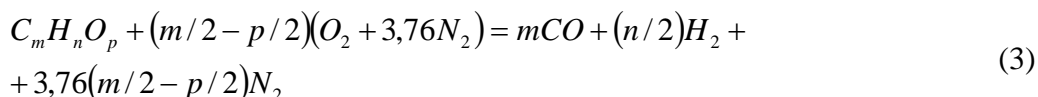
Основной целью риформинга углеводородного топлива для применения в энергоустановках с ЭХГ является получение максимального количества водорода относительно количества затраченного топлива, что требует создания определенных условий процесса, способствующих игнорированию реакции образования воды и диоксида углерода, то есть обеспечения экзотермической реакции полного окисления (1) [2]:



Процесс получения водорода риформингом углеводородного топлива состоит из двух последовательных стадий – получения синтез-газа (газогенерация) (2) и паровой конверсии монооксида углерода (ПК) (5).

Газогенерация может проходить либо по эндотермическому механизму – паровой риформинг (ПР) (2), либо по экзо- или автотермическому: парциальное окисление (ПО) (3) или автотермический паровой риформинг (АТР) (4), соответственно.





ПК – экзотермическая реакция – начинается на стадии газогенерации параллельно с реакциями ПР и ПО. Однако для повышения выхода водорода по данной реакции необходимо смещать термодинамическое равновесие вправо снижением температуры, посредством охлаждения продуктов реакции до рабочей температуры последующей стадии. ПК обычно проводится селективным способом (на катализаторе) в несколько стадий при 450...200 °С (средне- и низкотемпературная конверсия). Использование ПК при температурах  $\approx 200$  °С позволяет снизить количество монооксида углерода до менее 0,5% об.

Схема протекания процессов получения водорода с использованием эндотермического, экзо- и автотермического риформинга углеводородного топлива схематически приведены на рис. 1.

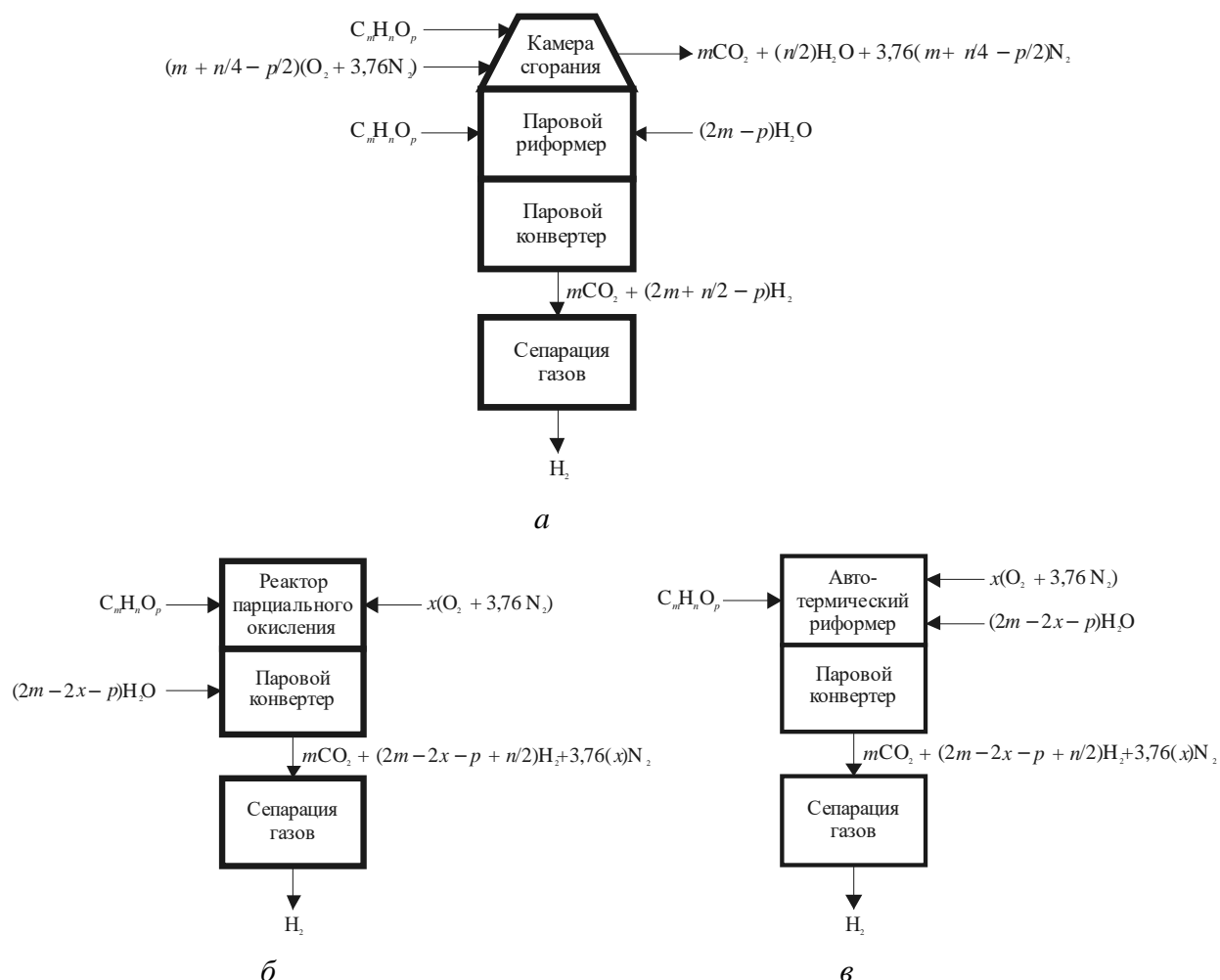


Рисунок 1 – Схемы реакций получения водорода риформингом углеводородного топлива: *a* – паровой риформинг; *б* – частичное окисление; *в* – автотермический риформинг

В большинстве случаев при риформинге углеводородного топлива соотношение пар-углерод (S/C-молекула воды на атом углерода) фиксируется на оптимальном уровне,

как правило, в избытке. При ПР пар вводится в реактор вместе с топливом (рис. 1), а температура процесса поддерживается сжиганием части топлива в кожухе реактора.

Как видно из коэффициентов реакции (2), ПР является более продуктивным по водороду по сравнению с ПО (3), однако требует значительных затрат тепловой энергии, обычно вырабатываемых посредством затрат сырья по реакции (1). Так, получение водорода ПР метанола ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) по технологии фирмы Caloric Anlagenbau (Германия) позволяет получать 1  $\text{м}^3$  водорода из 0,65 кг метанола, что согласно уравнению (2) составляет 75% максимального выхода водорода [3]. Это означает, что остальные 25% сырья затрачиваются на компенсацию эндотермического эффекта процесса. Процесс ПР метанола в зарубежной практике судостроения рассматривается как перспективный способ получения водорода для СЭУ с ЭХГ. Основным недостатком метанола как топлива являются его токсичность ( $\text{ПДК}^{\text{воздух}} 0,7 \text{ мг/м}^3$ ) и способность образовывать с воздухом пожаровзрывоопасные смеси (ПВ 3,5...74%) [4].

ПО – единственный процесс термохимического разложения углеводородов, пригодный для разложения нефтяных фракций тяжелее керосина, надежный и не выдвигает высоких требований к качеству сырья. При ПО пар преимущественно вводится в синтез-газ перед реактором паровой конверсии монооксида углерода как охладитель газа и окислитель. Температура выходящего газа регулируется соотношением кислород/углерод (О/С – молекула кислорода на атом углерода). ПО, с одной стороны, процесс экзотермический и проходит при высоких температурах (1150...1900 К и выше), что обеспечивает высокую степень конверсии сырья, однако при использовании катализатора (реактор шахтного типа) верхний предел температуры ограничивается на уровне примерно  $\approx 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ , так как увеличение температуры может провоцировать спекание катализатора. Применение пустотелых (некаталитических) реакторов позволяет вести процесс при более высоких температурах, что обеспечивает переработку даже тяжелых нефтяных остатков, однако требует сепарации продуктового газа от твердых шламов (сажа, зола).

АТР позволяет объединить достоинства парциального окисления и парового риформинга. В этом случае сначала инициируется экзотермическая реакция ПО (3), теплом которой поддерживается эндотермическая реакция ПР (2). При АТР водяной пар вводится вместе с топливом и окислителем, участвуя в реакции как реагент для ПР и/или для предотвращения сажеобразования в процессе ПО. Температура выходящего газа также регулируется соотношением кислород/углерод.

Оптимальные параметры преобразования углеводородных топлив различными способами представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Диапазон рабочих параметров риформинга углеводородных топлив различными способами

| Способ риформинга     | Температура, $^\circ\text{C}$ | Давление, МПа | S/C       | O/C       |
|-----------------------|-------------------------------|---------------|-----------|-----------|
| Природный газ ПР      | 700...850                     | 0,3           | 2,0...3,5 | –         |
| Метанол ПР            | 200...300                     | 0,1...0,3     | 1...2     | –         |
| Дизельное топливо АТР | 650...950                     | 0,1...0,4     | 2,0...3,5 | 0,3...0,7 |

С точки зрения сопряжения основной СЭС и вспомогательной ЭХЭУ энергоустановки на судне, необходимо не только согласование по выходным электрическим параметрам, но и унификация топлива. Наиболее предпочтительным в качестве единого топлива является традиционно используемое на судах дизельное топливо (ДТ), однако с учетом возрастания масштабов применения на судах природного

газа, он также может рассматриваться в качестве исходного сырья для получения водорода.

Известны технические решения получения водорода из углеводородных топлив методом риформинга, однако подобные установки представляют собой крупногабаритные сооружения, традиционно используемые в составе нефтеперерабатывающих заводов. В настоящее время имеются единичные примеры использования автономных транспортных аналогов, значительное количество их находится в разработке и является перспективным для применения в автомобильном, аэрокосмическом и морском транспорте.

**Выводы.** Проведенный анализ показал, что с учетом особенностей судовой энергетической установки и применяемых для её работы традиционных топлив наиболее эффективными способами преобразования топлива для судовых ЭХГ в составе СЭУ являются: для ПГ – паровой риформинг; для метанола – паровой риформинг, для дизельного топлива – автотермический риформинг.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Горбов В.М., Карпов М.А. Обоснование выбора типа системы хранения водорода в судовой энергетической установке малой мощности // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010). Том 1: матер. II Міжнародної наук.-практ. конф. – Херсон: Херсонський державний морський інститут, 2010. – С. 142-146.
2. Коровин Н.В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 280 с.
3. Opportunities for an economical hydrogen supply [Электронный ресурс] / Caloric Anlagenbau GmbH, 2003. – Режим доступа: <http://www.caloric.com/cms/upload/pdf/OpportunitiesForAnEconomicalHydrogenSupply.pdf>.
4. ГОСТ 2222-95. Метанол технический. Технические условия.



## ПОИСК НЕДОСТАТКОВ И АЛГОРИТМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ В РАМКАХ ТРАНСПОРТНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Горяинов А.Н.

Харьковская национальная академия городского хозяйства  
(Украина)

**Введение.** Транспортная диагностика является новым направлением в рамках диагностики и находится на стадии своего формирования. Первыми работами, в которых положено начало формирования теории транспортной диагностики, являются [1, 2 и др.]. Реализация диагностического подхода на транспорте возможна при условии разработки необходимого методического обеспечения. К числу важных составляющих такого обеспечения можно отнести алгоритмы диагностирования.

**Анализ последних достижений.** Исследуя литературные источники по вопросам разработки и использования алгоритмов диагностирования, можно сделать вывод о превалировании алгоритмов диагностирования в технической диагностике. В экономической диагностике данная часть обеспечения диагностики развита слабо. Отчасти это можно объяснить специфическим видением объектов диагностирования в экономике, а также отходом исследователей от жестких регламентов технической диагностики. Необходимость изучения и сравнения опыта технической и экономической диагностики обусловлена спецификой транспорта – его технологическим аспектом. Рассматривая транспортную диагностику в рамках технологической диагностики, следует использовать связь технологии с техникой и экономикой. В качестве примеров работ, в которых представлены материалы по алгоритмам диагностирования, можно назвать [3, 4].

**Постановка задачи.** Целью данного исследования является определение методологических основ использования алгоритмов диагностирования в рамках транспортной диагностики.

**Результаты исследования.** В качестве научной основы используем метод аналогий. Базой для исследования примем наработки в области технической диагностики.

В начале остановимся на самом термине «алгоритм диагностирования» – табл. 1.

Таблица 1 – Примеры определений

| Определение   | Источник    |
|---|-------------|
| Диагностическим алгоритмом называется упорядоченный набор логических условий, позволяющий производить логический анализ событий, наблюдаемых на выходах объекта, и подмножеств событий из множества событий, заданных в объекте начальными (допустимыми начальными) элементами, направленный на приведение событий, наблюдаемых на выходах объекта, к начальному элементу | [4, с. 4]   |
| Совокупность предписаний в виде последовательности проверок и правил обработки их результатов с целью получения диагноза называют алгоритмом технического диагностирования  | [3, с. 23]  |
| Оптимизационным называют алгоритм диагностирования, удовлетворяющий экстремальному (часто минимальному) значению некоторой заданной функции, количественно характеризующей качество алгоритма в целом, – целевой оптимизации  | [3, с. 136] |

Наиболее емким и точным можно считать второе определение (см. табл. 1), в котором в качестве цели указан диагноз, что и отражает предназначение алгоритма диагностирования.

Использование алгоритмов диагностирования, в основном, связывается с системами диагностирования (например, [3, с. 10]). При этом построение алгоритма диагностирования оказывает влияние на разработку (выбор) средств диагностирования, а также может оказывать влияние на модель объекта диагностирования. Существует также представление алгоритма диагностирования в рамках программ диагностирования (например, [5]). Данное представление можно рассматривать как обособленное

представление части задач, которые решаются при разработке системы диагностирования. В то же самое время, такой подход вполне может реализовываться в случаях, когда разработка систем диагностирования не предусматривается. Здесь можно провести параллель с проектным подходом – разработка программ диагностирования может быть представлена в виде отдельного проекта.

В работе [6, с. 46] используется термин «алгоритм диагностики». Использование данного термина, а не термина «алгоритм диагностирования» в этом случае можно объяснить определенной путаницей в терминологии. Дело в том, что за период своей эволюции терминология диагностики претерпела изменения, что и находит отражение в литературе.

Особо выделим потребность в адаптации терминологии технической диагностики для использования в рамках транспортной диагностики. Например, в технической диагностике используется термин «дефект» (соответственно – алгоритмы поиска дефектов [3, с. 26]). В рамках транспортной диагностики предлагается использовать альтернативный вариант – «недостаток» (соответственно – алгоритмы поиска недостатков). Потребность в данной замене обусловлена, прежде всего, особенностями терминологии на транспорте. Для примера сравним следующие выражения «дефекты в работе транспорта» и «недостатки в работе транспорта». Второй вариант является более приемлемым и созвучным с характеристиками транспорта.

Определение недостатков в работе транспорта является важным элементом в рамках исследования объекта диагностирования. В рамках технической диагностики принято считать, что время поиска дефектов существенно больше времени их устранения. Приведем цитату [3, с. 26]: «Опыт эксплуатации сложных систем показывает, что время поиска дефекта существенно больше времени их устранения, поэтому большое внимание уделяют разработке методов обнаружения и поиска дефектов, на основе которых можно вручную или автоматически в наиболее короткий срок определить дефектный элемент системы». Однако, учитывая особенности систем транспорта как технологических систем, можно предполагать отличие приведенного утверждения в рамках транспортной диагностики. Прежде всего, здесь следует отметить большое влияние (значение) человеческого фактора при реализации решений в системах транспорта. Также сюда можно добавить большую размытость (меньшую точность) в определении недостатков в рамках транспортной диагностики по сравнению с определением дефектов в технической диагностике.

**Выводы.** Необходимы дальнейшие исследования вопросов использования алгоритмов диагностирования в рамках транспортной диагностики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горяинов А.Н. Признаки использования диагностики на транспорте. Перспективы применения в системах транспорта [Текст] // Восточно-европейский журнал передовых технологий. Вып. 4/9 (46). – Харьков: Технологический центр, 2010. – С. 66-69.
2. Горяинов А.Н. Выделение общих свойств диагностического подхода применительно к транспорту [Текст] / Вісник НТУ «ХПІ». Зб. наук. пр. Тем. вип.: Нові рішення в сучасних технологіях. № 2. – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – С. 89-93.
3. Надежность и эффективность в технике: Справочник. Т. 9. Техническая диагностика [Текст]. / Под общ. ред. В.В. Клюева, П.П. Пархоменко. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с.
5. Буинов А.Н. Диагностические алгоритмы [Текст]. – Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1976. – 129 с.
6. Староселец В.Г. Методы построения программ функционального диагностирования [Текст]. – Л.: ЛДНТП, 1986. – 24 с.
7. Влазнев И.К. Диагностическое моделирование некоторых систем с многоуровневой иерархией. – К.: ИПМЭ, 1985. – 59 с.

## **ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОСТІ Й ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ СТАЦІОНАРНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ШЛЯХОМ РЕГУЛЮВАННЯ ЇХ ТЕПЛОВОГО СТАНУ І ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ТЕПЛОТИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ**

Грицук І.В.

Донецький інститут залізничного транспорту (Україна),

Адров Д.С., Грицук Ю.В.

Донбаська національна академія будівництва і архітектури (Макєєвка, Україна),

Вербовський В.С.

Інститут газу НАН України (Україна),

Краснокутська З.І.

Національний транспортний університет (Київ, Україна)

На сьогодні багато двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) застосовуються на стаціонарних енергетичних силових установках (у тому числі і когенераційних), для яких характерна достатньо часта і різка зміна режимів роботи, яка призводить до зміни теплових потоків від газу до стінки циліндра і від стінки до охолоджуючої рідини двигуна. Ця зміна триватиме до встановлення рівноважного теплового стану, при якому кількість тепла, що підводиться в систему охолодження і відводиться нею, будуть дорівнювати одна одній. На економічність ДВЗ і його екологічну безпеку істотний вплив справляє температура охолоджуючого двигун теплоносія, що безумовно характеризує температуру стінки циліндра: при дуже високій температурі стінки циліндра зростає кількість викидів  $\text{NO}_x$ , а при низькій температурі зростає частка незгорілих вуглеводнів і, відповідно, витрата палива, тому важливо на сталих межах підтримувати температуру охолоджуючої рідини ДВЗ в тому діапазоні температур, при якому досягається компроміс за кількістю викидів  $\text{NO}_x$  і незгорілих вуглеводнів. Досягти цього можливо шляхом підтримання цієї температури в межах допустимих робочих температур, які обумовлені заводською інструкцією або конструкцією двигуна. Виходячи з вищесказаного, ми маємо складну ситуацію для енергетичних установок, що працюють у складі стаціонарних систем утилізації теплоти, коли рідина системи охолодження ДВЗ повинна постійно мати сталу робочу температуру за допомогою системи охолодження із термостатом, а також і в разі холодного пуску двигуна і відбору керованої кількості теплоти системою утилізації.

Метою роботи є підвищення ефективності використання палива та досягнення більш точного регулювання теплового стану двигуна внутрішнього згорання при відведенні теплоти охолоджувальної рідини в залежності від навантаження і частоти обертання колінчастого валу за допомогою розробленої системи регулювання температури, а також розробка методики визначення часу прогріву охолоджуючої рідини ДВЗ, оснащеного цією системою.

Для усунення означених проблем і досягнення поставленої мети колективом авторів було запропоновано удосконалення системи регулювання температури охолоджуючої рідини двигуна внутрішнього згорання для приводу електроагрегату. Результатом цього удосконалення повинно стати підвищення ефективності використання палива та досягнення більш точного регулювання теплового стану ДВЗ при відведенні теплоти охолоджувальної рідини в залежності від навантаження і частоти обертання колінчастого валу. Вирішення поставленої задачі досягається тим, що в систему регулювання температури охолоджуючої рідини ДВЗ для приводу електроагрегата встановлено насос з регульованим електричним приводом, двопозиційний клапан з електромагнітним управлінням від електронного блоку і датчиків температури, зв'язаних з електронним блоком, установлених на вході та виході в сорочку охолодження двигуна внутрішнього згорання і радіатор.

Особливістю системи регулювання температури охолоджуючої рідини є те, що при роботі двигуна внутрішнього згорання в режимі прогріву двопозиційний клапан встановлюється блоком регулювання температури охолоджуючої рідини у положення, в якому насос з регульованим електричним приводом здійснює рух охолоджувальної рідини по малому колу через двопозиційний клапан, минаючи радіатор, після того як датчики температури охолоджувальної рідини зафіксують температуру, відповідну прогрітому двигуну, блок регулювання температури охолоджуючої рідини подає сигнал на двопозиційний клапан, який перемикається у положення циркуляції охолоджувальної рідини через радіатор. Подальша робота системи регулювання температури двигуна відбувається на основі даних датчиків температури. Відповідно до показників температур датчиків вираховується оптимальна частота обертання приводу, який забезпечує необхідну продуктивність насоса. У залежності від навантаження на генератор і частоти обертання колінчастого вала блок регулювання температури охолоджуючої рідини формує електричний сигнал за допомогою датчиків і в залежності від температури охолоджуючої рідини на вході і виході двигуна і радіатора подає керуючий сигнал на виконавчий електричний привод насоса.

Таким чином, використання запропонованої системи дозволяє шляхом електронного керування двигуном та системою регулювання температури охолоджувальної рідини двигуна підвищити ефективність використання палива та досягти більшої якості регулювання теплового стану двигуна. Для системи охолодження ДВЗ з утилізацією теплоти важливо знати час, за який система досягне оптимального значення робочої температури. Це обумовлено не тільки показниками екологічності і економічними аспектами, але й тим, через який час споживачі отримають технологічно необхідне тепло (тобто, через який час енергетична установка вийде на показники роботи, що відповідають ефективній роботоздатності). Так значення періоду прогріву важливо знати ще на етапі проектування установки з тією метою, щоб була можливість його зменшення на цій стадії, а також для урахування потрібного значення при проведенні пуско-налагоджувальних робіт.

Для розрахунку потрібного значення часу прогріву було розроблено математичну модель процесів теплообміну в дослідженнях роботи ДВЗ з утилізацією теплоти їх відпрацьованих газів, для чого було додано виведені авторами математичні залежності процесу теплообміну, які дозволяють, враховуючи технологічні параметри системи охолодження (обсяг патрубків, сорочки охолодження, властивості рідини), визначати час прогріву двигуна до робочої температури.

Для остаточного покращення роботи описаної вище системи регулювання температури охолоджуючої рідини до неї для забезпечення якісного пуску енергетичної установки у складі двигуна внутрішнього згорання було встановлено додатковий накопичувач теплоти, який відбирає теплоту відпрацьованих газів працюючого двигуна і віддає її в режимі пуску в систему охолодження.

Взаємодія описаної системи і накопичувача теплоти відпрацьованих газів дає суттєве підвищення показників економічності й екологічної безпеки стаціонарної енергетичної установки у складі двигуна внутрішнього згорання за рахунок пришвидшення прогріву двигуна до робочої температури і підтримання її в межах параметрів, обумовлених виробником при роботі всієї установки.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Дмитриев В.И.

Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций  
(Россия)

**Введение.** Повышение роли морского и речного транспорта в 20 столетии и начале нового века в мировой транспортной системе актуализировало проблему транспортной безопасности. Высокая значимость задач, решаемых этими видами транспорта, делает очень высокой цену ошибок, связанных с неправильной эксплуатацией судов и береговых средств. Кроме того, преступления на море в виде все еще существующих случаев разбойных нападений на суда, террористических актов и других преступных деяний, приводящих к катастрофическим последствиям, делают эту проблему глобальной.

Научно-технический прогресс в области создания глобальных космических систем связи и наблюдения, и массового внедрения в системы управления судов миниатюрных вычислительных устройств, направлен, в том числе, и на облегчение регулирования их движения и управления судопотоками. В итоге, это повлияло на снижение относительной аварийности. Однако, абсолютное число аварий, связанное с увеличением числа морских, рыбопромысловых и речных судов, все еще остается значительным.

**Актуальность исследований.** Рост интенсивности и плотности движения усилил значение взаимодействия в работе судов в транспортном потоке. Действия судоводителя одного судна все больше отражаются на других участниках движения. Резкое увеличение числа расхождений и обгонов, и других сложных маневров, определяет рост вероятности появления ошибок при их выполнении.

**Постановка задачи.** В абсолютном большинстве случаев аварийных происшествий прослеживается совокупность причин и обстоятельств, которые обуславливают конкретное аварийное происшествие. К таким причинам относятся:

- техническое состояние объекта управления;
- организационно-технические мероприятия;
- окружающая среда и ее воздействие на управляемый объект;
- действие человеческого фактора.

В этой связи трудно формализуемая проблема транспортной безопасности превращается в проблему обеспечения безопасности управления судами и судопотоками в системе бесконфликтного взаимодействия объединенной системы «объект судовождения – внешняя среда».

**Результаты исследований.** В результате проведенных исследований автор пришел к выводу о наличии нескольких аспектов проблемы обеспечения транспортной безопасности.

*Научный аспект проблемы обеспечения транспортной безопасности.* Научный аспект заключается в разработке научно обоснованных критериев и нормативов безопасности и в устранении неопределенности или многозначности понятий и терминов.

Наиболее предпочтительной формой конкретизации понятий и явлений служат критерии оценки. Критерий оценки, как мерило истинности, может существовать в двух формах – количественной и в форме руководящей мысли, точки зрения. Целый ряд критериев, применяемых, например, в мореплавании, разработан и используется. К ним следует отнести критерии остойчивости, плавучести, непотопляемости, управляемости. В ряде случаев эти критерии превратились в нормативы мореходности. Существует ряд критериев менее определенных и не выраженных количественно. Например, критерием опасности столкновения является изменение пеленга – только сам факт изменения. Что же касается количественной характеристики критерия опасности столкновения, то здесь применяются только понятия «быстрое» и «медленное» изменение пеленга.

Несмотря на то, что количественный критерий наиболее надежен при оценке благодаря своей детерминированности, не всегда представляется возможным его получить. И тогда критерии выступают в форме руководящей мысли, точки зрения. Например, принцип «считай себя ближе к опасности» – есть критерий в форме руководящей идеи при выборе решения в обстановке неопределенности. Этот критерий реализован в Правиле 7(a) Международных правил предупреждения столкновений судов (МППСС-72).

Однако целый ряд критериев оценки, в особенности в нештатных ситуациях, таких, например, как определение момента оставления судна, момента сбрасывания каравана леса, момента затопления трюма с самовозгоравшимся грузом, момент выбрасывания поврежденного судна на берег, не разработан вообще.

*Технический аспект проблемы обеспечения транспортной безопасности.* Он определяется надежностью технических систем и устройств. Поскольку большинство судовых и береговых устройств или систем транспортного комплекса так или иначе связаны с обеспечением безопасности судна, его груза, экипажа и пассажиров, то, следовательно, уровень безопасности определяется надежностью этих систем. Показателем надежности является вероятность безотказной работы в течение определенного времени либо наработка на отказ – время безотказной работы.

Для повышения надежности технических систем существуют три пути: повышение надежности входящих в систему элементов, наращивание уровней резервирования и наличие запаса потенциала (мощности, прочности и т.д.).

*Эргономический аспект проблемы обеспечения транспортной безопасности.* Надежность функционирования системы «судно – внешняя среда» – это свойство ее элементов сохранять под воздействием внешней среды такие режимы работы, которые обеспечивают решение хозяйственной задачи объектом судовождения с заданной стратегией движения, гарантирующей сохранность судна, груза, жизни членов экипажа и пассажиров и эффективное выполнение этой задачи.

Обеспечение транспортной безопасности зависит от характеристик судового и берегового комплексов, от уровня профессиональной подготовки экипажа судна и персонала вспомогательных береговых служб, т.е. от надежности работы объекта судовождения и системы судоходства. Надежность системы судоходства, в свою очередь, обеспечивается комплексом средств и мероприятий, направленных на создание условий безопасного движения судов в общем транспортном потоке.

Система «объект судовождения – внешняя среда» относится к полиэргатической системе. В ее составе имеется судно, выполняющее хозяйственную задачу, оператор-судоводитель, адаптирующий стратегию движения судна к фактическому состоянию водного пути, технические средства судна, функционирование которых направлено на реализацию стратегии движения, экипаж, управляющий техническими средствами и водный путь, состояние которого определяется условиями навигационной и гидрометеорологической обстановки.

Система «человек – машина» имеет иерархическую структуру, на вершине которой находится человек, выполняющий функции главного управляющего элемента, звена, принимающего решение. По мере усложнения этих систем (за счет усложнения машинного элемента) все более контрастно проявляется одно трудноразрешимое сегодня противоречие: оперативные возможности человека все более отстают от характеристик машины и являются, учитывая роль человека в системе, сдерживающим фактором, узким местом. Машине (имеется в виду ЭВМ), несмотря на ее высокие информативные характеристики, нельзя отдать роль управляющего звена, так как в нетривиальных ситуациях она беспомощна ввиду своей запрограммированности, и решения в любом случае будут стереотипными. Человек же, способный генерировать идеи и находить решения в нетривиальных случаях, имеет довольно низкие информационные характеристики и поэтому беспомощен в условиях динамики среды (информационные

перегрузки). Для разрешения этого противоречия необходимо устранить или обойти трудности теоретического характера.

Однако в любом случае первым и неперенным условием надежного функционирования системы «человек – машина» является профессиональная компетентность человека.

*Экономический аспект проблемы обеспечения транспортной безопасности.* Экономический аспект заключается в анализе строительных и аварийных затрат и в определении экономической политики в вопросах безопасности на основании этого анализа. Другими словами – это ответ на вопрос: сколько стоит обеспечение транспортной безопасности? Конечной целью любой хозяйственной деятельности является максимизация ее целевой функции. С позиции экономики это, в общем случае, прибыль, которая представляет собой разность между доходами и расходами. Но любая многокомпонентная задача максимизируется только по одному показателю. Нельзя одновременно получить максимальный доход при минимальных расходах. Такая постановка задачи является научно несостоятельной. Корректной будет любая из постановок: максимальные доходы при данных затратах, данные доходы при минимальных затратах, либо компромисс между показателями (оптимизация).

*Социальный аспект проблемы обеспечения транспортной безопасности.* В течение последних лет во всем мире усиливается тенденция к сокращению численности экипажей из коммерческих соображений. Ряд международных организаций (Международная организация труда, Международная федерация ассоциаций морских капитанов, Международная конференция свободных профсоюзов) забили тревогу по этому поводу, связывая численность экипажа и безопасность воедино, как звенья одной цепи. Развившаяся система подставных флагов сказывается на уровне безопасности мореплавания крайне отрицательно, так как это позволяет судовладельцу набирать в странах третьего мира случайных людей, не имеющих профессиональной подготовки. Комитет по безопасности мореплавания ИМО рассматривает в течение ряда лет эти вопросы, однако под давлением судовладельцев вопрос пока разрешения не получает.

Условия работы на флоте достаточно сложны не только в силу своей специфики, но и в силу давно сложившихся у нас застывших форм производственных отношений, при которых в обязанности экипажа входит не только эксплуатация транспортного средства, но и обеспечение его технического состояния, чего нет ни на одном виде транспорта ни у нас, ни в развитых странах Запада; низкий уровень решения социальных проблем и др.

Все это, а также существенная отсталость флота от достижений эргономики, психологии, вычислительной техники, сильная степень физического износа судов, привело к резкому падению престижа профессии в глазах профессионалов, что начало сказываться на качестве кадров и, следовательно, на снижении уровня безопасности.

*Технологический аспект проблемы обеспечения транспортной безопасности.* Одно из основных отличий судов как транспортных средств от других видов транспорта состоит в том, что размещаемые в их трюмах грузы обладают значительно большим числом сочетаний различий в массе, размерах, физических и химических свойствах, чем грузы, размещаемые в грузовых помещениях любых других видов транспорта. Развитие промышленного производства расширило номенклатуру грузов с опасными свойствами, число наименований которых в настоящее время исчисляется тысячами. Произошло значительное изменение качественного состава перевозимых грузов.

В условиях морской перевозки, когда на грузы воздействует качка, динамические удары волн, вибрация судна, статическое давление штабеля высотой до 10 м, закрытая атмосфера трюма, свойства этих грузов могут проявиться самым неожиданным образом и явиться причиной возникновения аварий судов и гибели членов экипажа. Такие аварии принято называть технологическими.

Причинами технологических аварий являются недостаточная разработанность технологических нормативов, конструктивное несовершенство и противоречивость

технологической нормативной базы, нарушение грузоотправителем, стивидорными компаниями технологических требований по таре и укладке груза, недостаточный контроль со стороны экипажа за соблюдением технологических требований.

*Информационный аспект проблемы обеспечения транспортной безопасности.* В связи с возрастающей угрозой международного терроризма, пиратства, незаконного оборота оружия, наркотических и психотропных веществ, сложной социально-политической и криминогенной обстановкой в стране и российских портах возникла необходимость в превентивных мерах, среди которых важное место занимает получение и обмен соответствующей информацией.

Получаемая руководителями судоходных компаний и капитанами судов информация о наличии морских террористов и пиратов на маршрутах перехода должна отличаться высокой достоверностью, оперативностью получения и обработки, небольшой трудоемкостью подготовки исходных данных. В судоходных компаниях должны шире использоваться новые информационные технологии для оценки террористической обстановки на маршрутах перехода судов и районах расположения портовых средств. Наиболее известными и удобными формами информационного обеспечения могут служить системы управления базами данных (СУБД). СУБД по оценке террористической опасности, как одна из форм специального информационного обеспечения, способна решить целый ряд задач, каждая из которых выдвигает перед ней различные требования. Эти задачи можно разделить на четыре основные группы:

- обеспечение информацией о наличии террористических групп и пиратов на маршруте перехода;
- обеспечение информацией о тактико-технических характеристиках и базировании кораблей и катеров морских террористов и пиратов;
- обеспечение информацией по тактическим приемам нападения на суда морских террористов и пиратов;
- обеспечение информацией о наличии своих кораблей и антитеррористических сил на маршруте перехода.

СУБД по террористической обстановке должна обладать:

- 1) наглядностью и оперативностью предоставления информации;
- 2) предоставлением информации в заранее принятой стандартной форме;
- 3) возможностью проводить статистические исследования.

*Человеческий фактор.* Нарушение правил транспортной безопасности может быть связано с индивидуальными качествами отдельных людей, чаще всего отрицательными: недисциплинированностью, халатностью и беспечностью, некомпетентностью, эмоциональной неустойчивостью и т.п. Такие причины и предпосылки аварийных случаев, в которых проявляется виновность конкретного человека, объединяют понятием «личный фактор». Это понятие включает в себя характеристики человека безотносительно к характеристикам технических средств, с которыми он взаимодействует.

Однако известны случаи, когда опытейшие капитаны, зарекомендовавшие себя специалистами высшей квалификации, принимали неверное решение, подчас даже в сравнительно несложных ситуациях. При наличии затруднений каждому человеку свойственны ограничения возможностей, обусловленные несоответствием его психологических и психофизиологических характеристик уровню сложности задач, которые возникают перед ним в конкретных условиях трудовой деятельности. Эти характеристики, проявляющиеся в ситуации взаимодействия человека и технических систем, получили название «человеческий фактор».

Под «человеческим фактором» (human factor) в контексте транспортной безопасности следует понимать возможности и способности человека по приему, обработке информации и принятию решений в различных условиях управления судном.

Анализ аварийности за последние 30 лет вынудил обратить внимание на роль человека, который участвует во всех аспектах деятельности на водном транспорте, а его



деятельность, в свою очередь, связана с воздействием на человека целой системы факторов: социальных, судовой организации, условий работы и жизни на судне, судовых факторов, управления на берегу, внешних воздействий и окружающей среды.

*Социальные факторы:* способности; навыки; знания (учет подготовки и опыта); личностные (менталитет, эмоциональное состояние); физическое состояние (состояние здоровья, лекарства-наркотики, усталость); вид деятельности перед несчастным случаем /происшествием; предписанные обязанности перед несчастным случаем/происшествием; реальное поведение во время несчастного случая/происшествия; позиция (отношение к происходящему).

*Судовая организация:* распределение задач и ответственности; состав экипажа (национальность/компетентность); уровень численного состава экипажа; загруженность работой/сложность задач; часы работы/часы отдыха; процедуры и распоряжения; обучение (внутреннее и внешнее); управление на судне и контроль за исполнением; организация на судне подготовки персонала и проведения учебных тревог; работа в коллективе, включая управление человеческими возможностями; планирование (рейсов, груза, технического обслуживания и ремонта).

*Условия работы и жизни на судне:* уровень автоматизации; эргономическое проектирование условий работы, жизни, мест отдыха и оборудования; достаточность условий жизни; возможность восстановительного отдыха; достаточность питания; уровень качки, вибрации, жары и шума.

*Судовые факторы:* конструкция и уровень содержания судна; оборудование (наличие, надежность); характеристики груза, включая крепление, обращение с грузом и его сохранность; свидетельства.

*Управление на берегу:* политика найма на работу; политика безопасности и философии (культура, позиция и доверие); приверженность управления вопросам безопасности; составление графиков отпусков; общая политика управления; расписание заходов в порты; конкретные и отраслевые договоры и/или соглашения; распределение обязанностей; связь «судно – берег».

*Внешние воздействия и окружающая среда:* состояние погоды и моря; условия в порту и на переходе морем (УДС, лоцманы и т.д.); плотность судопотока; ледовые условия; организации, представляющие судовладельцев и моряков; правила, освидетельствование и инспекции (международные, национальные, портовые, классификационных обществ и т.д.).

Таким образом, применительно к аварийным ситуациям в системе «судно – оператор-судоводитель – экипаж – водный путь – внешняя среда» психологический анализ просто необходим для установления истинных причин аварийности. Это должно способствовать, во-первых, оправданию невинных людей, во-вторых, изменению отношения общества к профессионально-психологическим проблемам специалистов плавсостава, и, в-третьих, развитию системы средств обеспечения транспортной безопасности, включая профотбор, оптимизацию процесса подготовки и повышения квалификации, профессиоанально-психологическую аттестацию кадров, внедрение на флоте психологических разработок и рекомендаций, повышающих надежность человека-оператора.

Все вышеизложенное свидетельствует о несомненной важности роли человеческого фактора в проблеме транспортной безопасности и необходимости его всестороннего изучения и учета на всех этапах профессионального становления специалистов водного транспорта, особенно судоводителей, так как значительная часть аварий приходится именно на судоводителей.

**Выводы.** Системный подход требует рассматривать исследуемый объект не только во взаимосвязи с другими объектами, но и как совокупность элементов, объединенных в единую целостность – в систему, решающую задачу по обеспечению ее всеми видами информации о возможности возникновения условий, с высокой вероятностью опасности

отказов функционирования основных ее системных элементов – «судно – оператор-судоводитель – экипаж – водный путь – внешняя среда», и предотвращения опасности такого рода отказов.

Система обеспечения транспортной безопасности должна быть:

комплексной, охватывающей все виды производственной деятельности, прямо или косвенно влияющей на безопасность;

целенаправленной, опирающейся на технологическую формализацию, алгоритмизацию, которые будут определять состав и содержание функций (операций), подлежащих выполнению, а также порядок их использования и механизмы взаимодействия;

саморегулируемой с непрерывно действующими обратными связями, динамично адаптирующейся к складывающимся ситуациям;

контролируемой, находящейся под постоянным надзором на всех уровнях управления;

интегрируемой по направлениям национальных требований, а также в рамках требований международных соглашений.

На наш взгляд, можно дать следующее определение:

Обеспечение транспортной безопасности есть совокупность технических, организационных, экономических, эксплуатационных и правовых средств и методов, направленных на охрану человеческой жизни и имущества на водном транспорте, а также предотвращение загрязнения водной среды.

## МЕТОДИ ПОШУКУ ГАМІЛЬТОНОВОГО ЦИКЛУ В ГРАФАХ, ВАГИ ДУГ ЯКИХ ЗМІНЮЮТЬСЯ З ЧАСОМ

Дмитрієва А.І.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»  
(Україна)

**Вступ.** Існує багато задач, які можна представити у вигляді графів, ваги дуг яких можуть змінюватись з часом (наприклад динамічна задача комівояжера). У якості прикладної задачі можна розглянути складання графіку проведення регламентних робіт на літаках авіакомпанії технічною бригадою обслуговування (ТБО).

**Змістовна постановка задачі.** Авіакомпанія використовує  $M$  літаків відповідно до затвердженого графіку перельотів. Кожний день польоти літаків завершуються посадкою в одному з заданих аеропортів (згідно з графіком). Припускається, що ТБО може здійснити переліт до кожного з пунктів проведення регламентних робіт протягом дня та виконати профілактичні дії на відповідному літаку за ніч. Таким чином, ТБО, починаючи регламентні роботи з заданого аеропорту, повинна обслуговувати по одному літаку кожну ніч впродовж наступних  $N$  діб. Необхідно визначити такий графік перельотів ТБО, щоб мінімізувати сумарні транспортні витрати.

Формалізуємо умову в термінах теорії графів. Вершинами графу є літаки, для яких плануються профілактичні дії, відстані між літаками в кожний день – орієнтовані дуги, для кожної з яких задана вагова функція: вага дуги – відповідні транспортні витрати при перельоті між літаками. Необхідно знайти гамільтонів цикл мінімальної ваги в оргграфі.

### Математична модель задачі.

*Змінні:*

якщо в день  $t$  мав місце переліт ТБО від аеропорту, де базується літак  $i$ , до  $x_{ij}$  аеропорту, де базується літак  $j$  (далі – від літака  $i$  до літака  $j$ ),  $t = \overline{1, N}$ ,  
 $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, N}$ ;  
в іншому випадку.

*Цільова функція* (мінімізація сумарної вартості перельотів ТБО):

$$\sum_{t=1}^N \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{ij}(t) x_{ijt} \rightarrow \min \quad (1)$$

$c_{ij}(t)$  – вартість перельоту ТБО від літака  $i$  до літака  $j$  в день  $t$  ( $c_{ij}(t)$  залежить від часу, фактично – це вартість перельоту з аеропорту, в якому в день  $t$  знаходився літак  $i$  в аеропорт, у якому в день  $t+1$  буде знаходитись літак  $j$ ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, N}$ ). Слід враховувати, що  $c_{ii}(t) = \infty$  (оскільки ТБО виконує профілактичні дії на кожному літаку один раз).

*Обмеження:*

$$\sum_{t=1}^N \sum_{j=1}^N x_{ijt} = 1 \quad i = \overline{1, N}. \quad (2)$$

$$\sum_{t=1}^N \sum_{i=1}^N x_{ijt} = 1 \quad j = \overline{1, N}. \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N x_{ijt} = 1 \quad t = \overline{1, N}. \quad (4)$$

Додатковим обмеженням (формальний опис якого опущено) є те, що розв'язок повинен бути циклом.

Поставлена задача є  $NP$ -важкою. Алгоритм мурашиних колоній добре зарекомендував себе для розв'язання класичної задачі комівояжера [1, 2], яка є частковим випадком задачі, що описана вище. Враховуючи цей факт, цілком логічною була спроба розробити алгоритм цього класу.

Отже, відомо графік перельотів літаків, відстані між містами, початковий пункт розміщення ТБО. Параметрами мурашиного алгоритму є величини  $\alpha$  і  $\beta$ , що визначають відповідно «стадність» і «жадібність» алгоритму, параметр інтенсивності випаровування  $\rho$ , кількість необхідних ітерацій, початкове значення кількості феромонів  $\tau_0$ . На кожному етапі розрахунків визначаються можливі напрями перельотів з поточного міста  $i$  в день  $k$ . Імовірність переходу  $p_{ijk}$  з міста  $i$  в місто  $j$  в день  $k$  визначається за модифікованою формулою визначення імовірності переходу до наступного пункту [1]:

$$p_{ijk}(t) = \frac{\tau_{ijk}(t)^\alpha (1/d_{ij})^\beta}{\sum_{jk \in J_i} \tau_{ijk}(t)^\alpha (1/d_{ij})^\beta} \quad (5)$$

Для кожного дня використовується «своя» матриця вартостей  $\{c_{ij}(t)\}$ , за отриманим розподілом (5) визначається наступний пункт перельоту  $f$  ТБО в день  $k$  з міста  $i$ . Літак, який знаходиться в місті  $f$  в день  $k$ , вважається відремонтованим. Розрахунки продовжуються до тих пір, поки не будуть проведені профілактичні роботи на всіх літаках. Після встановлення допустимого розв'язку оновлюється матриця феромонів. Після проведення необхідної кількості ітерацій серед усіх допустимих розв'язків обирається найкращий.

Метод гілок та меж широко використовується для розв'язання дискретних оптимізаційних задач, у тому числі задачі комівояжера. Для оцінки ефективності мурашиного алгоритму був розроблений метод гілок та меж розв'язання поставленої задачі, який на початковому етапі використовує результати обчислень жадібним алгоритмом у якості початкового рекорду.

Метод гілок та меж успішно знаходить точні розв'язки для матриці розкладу літаків невеликої розмірності (до  $20 \times 20$ ). Проте при розмірності матриці розкладу літаків  $20 \times 20$  мурашиний алгоритм знаходить розв'язок на 90% швидше, ніж метод гілок та меж, при цьому в 86% випадків отримували оптимальний розв'язок. Це пояснюється тим, що для застосованої модифікації методу гілок та меж у найгіршому випадку, розв'язок буде знайдений після розгляду  $\sum_{n=0}^{N-1} \frac{N!}{(N-n)!} + 2N!$  вершин, у найкращому –  $N+1$ .

Запропоновані алгоритми шляхом незначних модифікацій дозволяють здійснювати пошук гамільтонового шляху.

**Висновок.** У роботі розглянуто підходи до розв'язання динамічної задачі комівояжера. Для цієї задачі було розроблено жадібний алгоритм, метод гілок та меж та алгоритм мурашиних колоній. Була проведена серія експериментів для дослідження та порівняння ефективності розроблених алгоритмів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Штовба С.Д. Муравьиные алгоритмы. Exponenta Pro // Математика в приложениях. – 2003. – № 4. – С. 70-75.
2. МакКоннелл Дж. Основы современных алгоритмов. – М.: Техносфера, 2004. – 368 с.

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ВАНТАЖНОГО ПІДПРИЄМСТВА ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Єрмак О.М., Санько Я.В.

Харківська національна академія міського господарства  
(Україна)

Ефективність функціонування транспортної системи вантажного підприємства залежить від багатьох взаємопов'язаних факторів, а саме: умов праці персоналу, необхідного технічного забезпечення транспортних засобів, цілеспрямованого внутрішнього розпорядку підприємства, постійного покращення техніко-експлуатаційних показників роботи. Раціональна організація транспортного процесу перевезення вантажів, можлива тільки при урахуванні всієї сукупності факторів.

Початком всіх форм організації вантажних перевезень є розподільчі методи дослідження операцій. Якщо розглянути розвиток цих методів, то існує певна закономірність. Спочатку використовувались методи повного та часткового перебору. Головний недолік яких – із збільшенням числа  $n$  елементів кількість варіантів збільшувалася у  $n!$  разів, що потребувало значних витрат часу. При збільшенні кількості змінних почали з'являтися методи, які в своєму алгоритмі використовували різні варіанти оптимізаційних рішень. Головним недоліком яких є те, що вони є умовно оптимальними, так як більшість процесів розглядається у статичі. А запропоновані динамічні моделі відносяться до класу ймовірнісних, і спиратися на їх рішення можна лише частково.

З появою електронно-обчислювальної техніки дослідники почали складати програми щодо рішення задач дослідження операцій, які знов повернулися до методів повного або часткового перебору. Це дозволило значно скоротити час розрахунків та розглянути значно більші та складніші системи за кількістю елементів. Головним недоліком запропонованих рішень було те, що задачі, які розглядалися, мали велику похибку між теоретичними та експериментальними розрахунками.

Тому з'явилася необхідність відстеження об'єктів транспортних систем у режимі «реального часу». Для цього було розроблено автоматизовані системи управління транспортом з єдиними диспетчерськими пунктами.

Таким чином була сформована основна вимога організації вантажних перевезень: оптимальне планування і управління в режимі «реального часу». Якщо управління в режимі «реального часу» на сьогодні вирішене за допомогою використання супутникового навігаційного спостереження, то оптимальне планування залишається не вирішеним.

Саме використання алгоритмів рішення розподільчих задач методами дослідження операцій у поєднанні із супутниковою навігаційною системою дозволить планувати, організовувати та управляти роботою не лише окремого транспортного підприємства, а й великих регіональних транспортних об'єднань (однієї чи декількох областей або країни в цілому).

## РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОСАДКИ САМОЛЕТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Казак В.Н., Кравчук Н.П., Шевчук Д.О., Остафийчук Р.В.  
Национальный авиационный университет  
(Киев, Украина)

Безопасность полетов (БП) зависит от многих факторов, в том числе от факторов, не поддающихся детерминированному или вероятностному определению составляющих группу неопределенностей. Под неопределенностью будем понимать события, возникновение и развитие которых невозможно заранее предсказать или предусмотреть: горизонтальные и вертикальные порывы ветра, ошибки экипажа, нарушение режима захода на посадку, различного рода отказы бортового и наземного оборудования.

В качестве показателей эффективности функционирования самолета на этапе посадки в условиях неопределенности в работе принята точность касания самолетом «маркера» ВПП, характеризуемая математическим ожиданием и дисперсией ошибки отклонения.

Для определения математического ожидания и дисперсии ошибок отклонения самолета от «маркера» ВПП используем методы оценивания характеристик законов распределения случайных значений параметров, определяющих посадку, а именно: вертикальная и горизонтальная составляющая скорости снижения самолета, угол крена, угол тангажа, угол наклона траектории, угол рысканья, боковое отклонение самолета. Наиболее достоверные законы распределения случайных величин перечисленных параметров оцениваются на основе их реализации в серии вычислений. Однако решение этой задачи осложняется рядом обстоятельств:

– оценки реализаций параметров в каждом вычислении, получаемые существующими методами, искажены погрешностями, законы распределения которых обычно неизвестны;

– погрешности оценивания реализаций параметров бортовых и наземных комплексов могут изменяться от измерения к измерению из-за различий количества и качества привлекаемых средств измерений и условий функционирования, включая процессы деградации, режимы функционирования вне гарантийных сроков и при выработке ресурсов;

– законы и параметры бортовых и наземных комплексов могут изменяться в процессе проведения измерений из-за внесения измерения в конструкцию, технологию изготовления и порядок функционирования.

В связи с этим обычно удается оценить лишь характеристики законов распределения случайных величин параметров, влияющих на точность выполнения посадки – математическое ожидание и дисперсию ошибки отклонения. При рассмотрении серии  $i = 1, \dots, n$ , в каждом из которых полученные взаимно некоррелированные оценки реализации этих параметров: вектора  $\bar{X}_i = \{\bar{x}_{ji}\}$ ,  $j = 1, \dots, J$ , или функции  $\bar{x}_i(t)$ ,  $t \in [t_0; t_k]$ . Погрешности оценок смещены и характеризуются ковариационной матрицей  $K_{\bar{x}_i}$  для вектора  $\bar{X}$  или корреляционной функции  $K_{\bar{x}_i}(t, t')$  для функции  $\bar{X}(t)$ . Предложим, что неизвестное математическое ожидание параметров  $M[X] = \{M[x_j]\}$  или  $M[X(t)] = M_x(t)$  при проведении оценивания параметров не меняется. Модель совокупности измерений для векторной характеристики функции  $x(t)$  в маркерной точке  $t$  представим в виде:

$$M[x_j] + \delta_{x_{ji}} + \delta_{ji} = \bar{x}_{ji}, \quad j = 1, \dots, J \quad (1)$$

или

$$M_x(t) + \delta_{x_i}(t) + \delta_i(t) = \bar{X}_i(t), t \in [t_0; t_k], \quad (2)$$

где  $\delta_{x_{ji}}, \delta_{x_i}(t)$  – случайные отклонения параметров посадки от математического ожидания;  $\delta_{ji}, \delta_i(t)$  – погрешности точечных оценок  $\bar{X}_{ji}$  и  $\bar{X}_i(t)$ .

В нестабильных условиях измерений случайные отклонения  $\delta_{x_i}$  и  $\delta_{x_i}(t)$  имеют разные дисперсии  $\delta^2_{x_{ji}}$  и  $\delta^2_{x_i}(t)$ . Погрешности оценок характеризуются дисперсиями  $\delta^2_{x_{ji}} = K_{\bar{x}_{ji}}$  и  $\delta^2_{\delta_i}(t) = K_{\bar{x}_i}(t, t')$ , которые определяются по диагональным элементам матриц  $K_{\bar{x}_{ji}}$  или значением корреляционной функции  $K_{\bar{x}_i}(t, t')$  при  $t' = t$ . Суммарные отклонения определяются как  $\delta_{\sum_{ji}} = \delta_{x_{ji}} + \delta_{ji}$  и  $\delta_{\sum_i}(t) = \delta_{x_i}(t) + \delta_i(t)$ , дисперсии их равны  $\delta^2_{\sum_{ji}} = \delta^2_{x_{ji}} + \delta^2_{\delta_{ji}}$ ;  $\delta^2_{\sum_i}(t) = \delta^2_{x_i}(t) + \delta^2_{\delta_i}(t)$ .

Тогда модель связи полученных оценок реализаций параметров посадки и неизвестного математического ожидания будет иметь вид

$$M[x_j] + \delta_{\sum_{ji}} = \bar{X}_{ji}, j = 1, \dots, J$$

или

$$M_x(t) + \delta_{\sum_i}(t) = \bar{X}_i(t), t \in [t_0; t_k],$$

где  $i = 1, 2, \dots, n$  – номер эксперимента.

При оценивании математического ожидания параметров отклонения критерием эффективности служит дисперсия получаемых оценок. Такие оценки соответствуют взвешенному методу наименьших квадратов (МНК):

$$\bar{M}[x_j] = \delta^2_{M[x_j]} \sum_{i=1}^n \frac{\bar{x}_{ji}}{\delta^2_{\sum_{ji}}}; \delta^2_{M[x_j]} \left[ \sum_{i=1}^n \frac{1}{\delta^2_{\sum_{ji}}} \right]^{-1}; j = 1, \dots, J \quad (3)$$

или

$$\bar{M}_x(t) = \delta^2_{M_x(t)} \sum_{i=1}^n \frac{\bar{x}_i(t)}{\delta^2_{\sum_i}(t)}; \delta^2_{M_x(t)} \left[ \sum_{i=1}^n \frac{1}{\delta^2_{\sum_i}(t)} \right]^{-1}; t \in [t_0; t_k]. \quad (4)$$

При стабильных условиях измерения, если дисперсия погрешностей оценок реализаций параметра не изменяется при изменении номера  $i$  (при  $\delta^2_{\sum_{ji}} = \delta^2_{\sum_j}, \delta^2_{\sum_i}(t) = \delta^2_{\sum}(t)$ ), эти оценки преобразуются к простому виду средних значений:

$$\bar{M}[x_j] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{x}_{ji}, \delta^2_{M[x_j]} = \frac{\delta^2_{\sum_j}}{n}; \bar{M}_x(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{x}_i(t), \delta^2_{M_x(t)} = \frac{\delta^2_{\sum}(t)}{n} \quad (5)$$

В силу центральной предельной теоремы при достаточном объеме вычислений (при  $n \geq 5 \dots 10$ ) точечные оценки математического ожидания имеют примерно нормальное распределение, которое можно применять при поиске доверительного интервала для математического ожидания. Если дисперсия  $\delta^2_{\sum_j}$  или  $\delta^2_{\sum}(t)$  неизвестна и оценивается по экспериментальным данным, то при нормально распределенных оценках реализаций  $\bar{x}_{ji}$  или  $\bar{x}_i(t)$  для интервальной оценки математического ожидания ошибок отклонения используется распределение Стьюдента.

Для реализации нейро-нечеткой системы автоматического наблюдателя на основе вышеприведенного подхода рассмотрим объект с  $n$  входами (параметры, характеризующие продольное движение: высота  $H$ , скорость  $V$ , тангаж  $\vartheta$ , угловая скорость  $\omega_z$

относительно оси  $Z$ , угол наклона траектории  $\theta$ , угол атаки  $\alpha$ . А также параметры, характеризующие боковое движение: угловая скорость  $\omega_x$  относительно оси  $X$ , угловая скорость  $\omega_y$  относительно оси  $Y$ , угол скольжения  $\beta$ , угол крена  $\gamma$ ):  $x_1, x_2, \dots, x_n (x_i \in X_i, i = 1, 2, \dots, n)$  и  $m$  выходов (рули высоты  $\delta_{pB}$ , рули направления  $\delta_{pH}$ , элероны  $\delta_\delta$ , РУД  $\delta_p$ ):  $y_1, y_2, \dots, y_m (y_j \in Y_j, j=1, 2, \dots, m)$ . В случае движения по заданной траектории посадки нас интересует только короткопериодическое движение, а именно движение самолета относительно центра масс.

На рис. 1 изображена разработанная нечётко-нейронная система (интеллектуальная система), отличающаяся от известных методом логического вывода, а также тем, что это обобщённая структура с несколькими нейронами на выходе. Нейронная сеть в данном случае не выполняет функции дефазификатора, а выполняет нечёткую классификацию, то есть текущая полетная ситуация классифицируется и подается в виде подсказки алгоритма действий, для парирования возникших отклонений от заданных параметров посадки самолета.

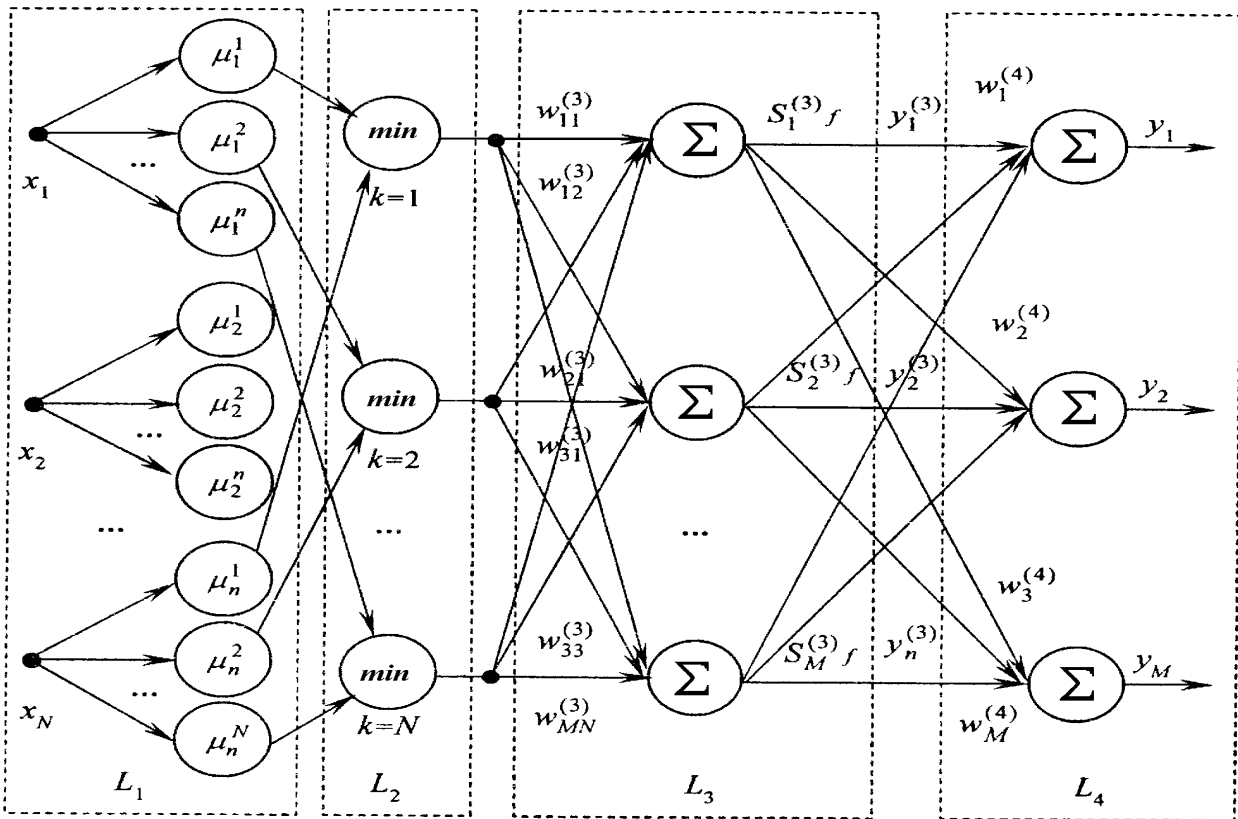


Рисунок 1 – Нечётко-нейронная система с нечётким выводом по методу Мамдани

В данной системе элементы второго слоя  $L_2$  (обозначенные min) реализуют нечёткий вывод согласно методу Мамдани, поэтому выполняется операция логического минимума (min).

На выходах элементов второго слоя получаем степени истинности предпосылок каждого нечёткого правила  $R^{(k)}$  в системе, которые вычисляются в данном случае следующим образом:

$$\tau_k = \min\{\mu_{A_i^k}(x_i^{-k})\} \quad (6)$$

Количество элементов в слое  $L_2$  равно количеству нечётких правил  $N$ . Элементами слоёв  $L_3$  и  $L_4$  являются обычные нейроны. В этих слоях выполняется классификация. На вход слоя  $L_3$  подаются степени истинности (или уровни активации) предпосылок нечётких правил  $\tau_k, k=1, 2, \dots, N$ .



В нем имеется  $M$ -нейронов, где  $M$  – количество классов, которые осуществляют взвешенное суммирование значений выходов нейронов предыдущего слоя, а их выходы формируются с использованием активационных функций.

В качестве функции активации нейронов могут использоваться также сигмоидальная функция. Выходы нейронов в этом слое интерпретируем как степени принадлежности к определённым классам развития процесса снижения и в соответствии с классификацией полетной ситуации вырабатывается необходимая подсказка. Как уже было отмечено, в нечёткой классификации допускается возможность принадлежности данного образца в определённой степени к двум или нескольким классам. С этой целью в данной системе используется процедура определения желаемых значений выходов во время обучения сети, учитывающая эту модификацию.

В задаче классификации, учитывая, что во входном векторе образов можно выделить несколько классов ситуаций на этапе посадки, нейронная сеть должна отнести каждое наблюдение к одному из классов или, в общем случае, оценить вероятность принадлежности наблюдения к каждому из классов. В ситуации, когда классифицируемый входной сигнал не соответствует ни одному из образцов (например, нарушен случайными помехами), в искусственных нейронных сетях производится процесс распознавания, а позже в результате распознавания – классификация.

В задаче классификации на основе определённых критериев (или значений атрибутов) необходимо найти отображение:

$$f_c : R^p \supset X \rightarrow C, \quad (7)$$

где  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$  является замкнутым конечным множеством классов полетных ситуаций, а множество  $X \supset R^p$  является пространством атрибутов, от значений которых зависит результат классификации. Отображение классификации делит, таким образом, пространство  $X$  на  $n$  областей, группирующих образцы атрибутов (например величина порыва ветра), принадлежащее к одной категории. При решении задач классификации атрибутов только на два класса, например  $A$  и  $B$ , обычно используется нейронная сеть с одним нейроном на выходе. Для обучения сети используются наборы  $\{x_i, d_i\}$ , где  $x_i \in R^p$  – классифицируемый образец, который подаётся на вход нейронной сети,  $d_i$  – желаемое значение выходного нейрона:  $d_i = 1$ , если набор  $x_i$  должен быть классифицирован к классу  $A$  и  $d_i = 0$  – к классу  $B$ .

С целью определения нескольких классов, к которым могут принадлежать классифицируемые данные, характеризующие параметры снижения самолета, в нейронной сети в выходном слое должно быть столько нейронов, на сколько классов необходимо распределить входные атрибуты (например в случае бокового порыва ветра 5 м/с, 10 м/с, 15 м/с, 20 м/с, 25 м/с и 30 м/с). Обучающее множество содержит наборы  $\{x_i, d_i\}$ , где  $x_i \in R^p$  является классифицируемым образцом, а  $d_i \in R^p$  – вектором, определяющим его принадлежность к определённому классу, где  $n$  – число рассматриваемых классов.

При этом  $d_i$  определяется следующим образом:

$$d_i = \begin{cases} 1, & \text{если } x_i \in C_i \\ 0 & \text{иначе} \end{cases} \quad (8)$$

Для сформулированной таким образом задачи классификации Рукк Д. и соавторы показали, что как для двух, так и большего числа классов, нейронная сеть типа многослойного персептрона, обучаемая методом обратного распространения ошибки, аппроксимирует оптимальную байесовскую дискриминационную функцию, которая минимизирует вероятность ошибки классификационного решения, то есть для созданной классификации полетных ситуаций на траектории посадки вырабатывается оптимальное решение.

Априорная вероятность оценки эффективности функционирования эргатической системы управления самолетом на этапе посадки в условиях неопределенности представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Априорная вероятность оценки эффективности функционирования эргатической системы управления самолетом на этапе посадки в условиях неопределенности

| Тип ситуации | Боковое отклонение от «маркера» ВПП | Продольное отклонение от «маркера» ВПП |                     | Общая вероятность   |
|--------------|-------------------------------------|--|---------------------|---------------------|
|              |                                     | влево                                  | вправо              |                     |
| НС           | 0,47                                | 0,62                                   | 0,62                | 0,96                |
| УУП          | 0,019                               | 0,17                                   | 0,17                | 0,032               |
| СС           | 0,011                               | 0,03                                   | 0,02                | $9,5 \cdot 10^{-3}$ |
| АС           | $7,9 \cdot 10^{-3}$                 | $8,5 \cdot 10^{-3}$                    | $8,8 \cdot 10^{-3}$ | $9,3 \cdot 10^{-3}$ |
| КС           | $4,9 \cdot 10^{-3}$                 | $5,2 \cdot 10^{-4}$                    | $5,1 \cdot 10^{-4}$ | $6,4 \cdot 10^{-3}$ |

УУП – усложнение условий полета; СС – сложная ситуация; АС – аварийная ситуация; КС – катастрофическая ситуация.

Основными параметрами, которые характеризуют многопараметрическую плотность нормального распределения, являются вектор математических ожиданий  $\mu$  и матрица среднеквадратических отклонений для каждой типовой ситуации по параметрам отклонений при боковом и продольном движении относительно «маркера» на ВПП в плоскости. Математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение исследуемых параметров для каждой типовой ситуации (НС, УПП, СС, АС, КС) предлагается вычислить по формулам:

$$m_n = \frac{\int_{a_n}^{b_n} x f(x) dx}{\int_{a_n}^{b_n} f(x) dx}; \delta = \frac{\int_{a_n}^{b_n} (x - m_n)^2 f(x) dx}{\int_{a_n}^{b_n} f(x) dx}, \quad (9)$$

где  $f(x)$  – плотность вероятности отклонения ВС от требуемой точки касания «маркера» ВПП;  $a_n$  и  $b_n$  – боковые и продольные границы  $n$ -го типа на этапе выполнения посадки ВС.

Результаты расчета математических ожиданий и среднеквадратических отклонений от НС на этапе посадки приведены в таблицах 2-5.

Таблица 2 – Математическое ожидание точки касания «маркера» ВПП на этапе посадки ВС без использования интеллектуальной системы

| Отклонение                                  | Классы воздушного судна |                 |                 |                  |      |                  |                 |                 |                 |
|---|-------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|   | КС <sup>-</sup>         | АС <sup>-</sup> | СС <sup>-</sup> | УПП <sup>-</sup> | НС   | УПП <sup>+</sup> | СС <sup>+</sup> | АС <sup>+</sup> | КС <sup>+</sup> |
| В продольном отклонении от «маркера» ВПП, м | -310                    | -270            | -154            | -57,5            | 18,5 | 57,5             | 154             | 270             | 310             |
| В боковом отклонении от «маркера» ВПП, м    | -52,3                   | -45,4           | -24,1           | -16,7            | 10,7 | 16,7             | 24,1            | 45,4            | 52,3            |

Таблица 3 – Математическое ожидание точки касания «маркера» ВПП на этапе посадки ВС с использованием интеллектуальной системы

| Отклонение                                  | Классы воздушного судна |                 |                         |                  |     |                  |                        |                        |                 |
|---|-------------------------|-----------------|-------------------------|------------------|-----|------------------|------------------------|------------------------|-----------------|
|   | КС <sup>-</sup>         | АС <sup>-</sup> | СС <sup>-</sup>         | УПП <sup>-</sup> | НС  | УПП <sup>+</sup> | СС <sup>+</sup>        | АС <sup>+</sup>        | КС <sup>+</sup> |
| В продольном отклонении от «маркера» ВПП, м | Уход на второй круг ВС  |                 | УПП <sup>-</sup><br>-48 | -35,4            | 2,1 | 35,4             | УПП <sup>+</sup><br>48 | Уход на второй круг ВС |                 |

|  |                        |                          |      |     |     |                         |                        |
|--|------------------------|--------------------------|------|-----|-----|-------------------------|------------------------|
| В боковом отклонении от «маркера» ВПП, м | Уход на второй круг ВС | УПП <sup>-</sup><br>-9,2 | -8,1 | 1,5 | 8,1 | УПП <sup>+</sup><br>9,2 | Уход на второй круг ВС |
|--|------------------------|--------------------------|------|-----|-----|-------------------------|------------------------|

Таблица 4 – Среднеквадратическое отклонение точки касания «маркера» ВПП на этапе посадки ВС без использования интеллектуальной системы

| Отклонение   | Классы воздушного судна |                        |                 |                  |        |                  |                 |                        |                        |
|--|-------------------------|------------------------|-----------------|------------------|--------|------------------|-----------------|------------------------|------------------------|
|  | КС <sup>-</sup>         | АС <sup>-</sup>        | СС <sup>-</sup> | УПП <sup>-</sup> | НС     | УПП <sup>+</sup> | СС <sup>+</sup> | АС <sup>+</sup>        | КС <sup>+</sup>        |
| В продольном отклонении от «маркера» ВПП, м <sup>2</sup> | 1,333                   | 17,431                 | 21,651          | 26,871           | 37,246 | 26,871           | 21,651          | 17,431                 | 1,333                  |
| В боковом отклонении от «маркера» ВПП, м <sup>2</sup>    | 6,3 · 10 <sup>-4</sup>  | 5,2 · 10 <sup>-3</sup> | 0,19            | 0,42             | 3,7    | 0,42             | 0,19            | 5,2 · 10 <sup>-3</sup> | 6,3 · 10 <sup>-4</sup> |

Таблица 5 – Среднеквадратическое отклонение точки касания «маркера» ВПП на этапе посадки ВС с использованием интеллектуальной системы

| Отклонение   | Классы воздушного судна |                 |                            |                  |        |                  |                            |                        |                 |
|--|-------------------------|-----------------|----------------------------|------------------|--------|------------------|----------------------------|------------------------|-----------------|
|  | КС <sup>-</sup>         | АС <sup>-</sup> | СС <sup>-</sup>            | УПП <sup>-</sup> | НС     | УПП <sup>+</sup> | СС <sup>+</sup>            | АС <sup>+</sup>        | КС <sup>+</sup> |
| В продольном отклонении от «маркера» ВПП, м <sup>2</sup> | Уход на второй круг ВС  |                 | УПП <sup>-</sup><br>12,114 | 18,741           | 29,788 | 18,741           | УПП <sup>+</sup><br>12,114 | Уход на второй круг ВС |                 |
| В боковом отклонении от «маркера» ВПП, м <sup>2</sup>    | Уход на второй круг ВС  |                 | УПП <sup>-</sup><br>0,06   | 0,24             | 2,6    | 0,23             | УПП <sup>-</sup><br>0,07   | Уход на второй круг ВС |                 |

**Вывод.** Интеллектуальная система позволяет исключить два типа ситуации (АС, КС) за счет работы активного режима эрготической системы управления самолетом на этапе посадки в условиях неопределенности, а также перевод сложившейся СС в УУП ситуацию, что позволит повысить безопасность с вероятностью выполнения посадки ВС 0,96.

## МЕТОДИКА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ АВІАЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Казак В.М., Палій К.В.  
Національний авіаційний університет  
(Київ, Україна)

**Вступ.** Транспорт – одна з найважливіших інфраструктурних галузей матеріального виробництва, яка забезпечує виробничі й невиробничі потреби народного господарства та населення в усіх видах перевезень. Стабілізація економіки, її піднесення та структурні перетворення, розвиток зовнішньоекономічних сфер діяльності, підвищення життєвого рівня населення залежать певною мірою від ефективного функціонування транспорту [1].

Цивільна авіація є складовою частиною єдиної транспортної системи країни, але має ряд своїх специфічних особливостей і відмінностей. До них можна віднести:

- високу швидкість доставки пасажирів і вантажів;
- високу прохідність і меншу, ніж на інших видах транспорту, залежність від фізико-географічних умов місцевості;
- можливість організації комбінованих перевезень з умовою забезпечення високого рівня комфорту для пасажирів і послуг, для відправників вантажу;
- велику мобільність і гнучкість у застосуванні повітряного транспорту, його здатність здійснювати масові одноразові і спеціальні перевезення.

Авіаційні вантажні перевезення в Україні досить добре розвинуті: наявна досить розгалужена транспортна система, відбувається ріст кількості компаній-перевізників, йде постійне удосконалення технологій та методів перевезення.

**Актуальність досліджень.** Авіаційний транспорт активно використовується в авіаперевезеннях вантажів та пошти, тільки за 2010 рік перевезено 87,9 тис. тонн. Оскільки, вантажні авіаційні перевезення на ринку транспортних послуг є досить затребуваними, то буде актуальним їх дослідження та удосконалення.

Відомо, що з кожним роком число компаній, що займається вантажними авіаційними перевезеннями, зростає. Тому буде також актуальним підвищити ефективність компанії TNT, яку ми досліджуємо і яка є лідером міжнародної індустрії експрес-доставки документів, відправлень і вантажів, і тим самим підвищити її конкурентність на ринку транспортних послуг [2].

**Постановка задачі.** Нами було обрано шлях підвищення ефективності авіаційних вантажних перевезень за допомогою автомобільних перевезень транспортно-експедиційним підприємством (ТЕП) TNT і за допомогою автоматизації ТЕП з використанням методів системного аналізу. Іншими словами, плануємо доставити якнайшвидше вантаж до самого аеропорту і пройти обробку вантажу безпосередньо в аеропорту, затративши якнайменше часу.

**Результати досліджень.** На логістичній схемі рейсових маршрутів по Україні компанії TNT було підмічено, що логістичного зв'язку між м. Первомайськ і м. Миколаїв немає. Відомо, що в Первомайську знаходиться відоме ЗАТ «Первомайський молочноконсервний комбінат». Це одне із провідних підприємств в Україні по переробці молока. Отримавши статистичну інформацію про те, що ЗАТ «Первомайський молочноконсервний комбінат» завжди стикається з проблемою оперативної, швидкої відправки молочних консервів до аеропорту й безпосередньо в контейнер вантажного літака, було запропоновано в компанії TNT взяти ініціативу в свої руки.

ТЕП TNT має свої представництва в обох містах, виробництво продукту є безперервним, тому для компанії це вигідний шлях підвищити не тільки авіаційні вантажні перевезення, а й автомобільні.

Запропонована нами логістична лінія, що з'єднує м. Первомайськ з м. Миколаїв, зображена на рис. 1.



Рисунок 1 – Запропонована логістична схема компанії TNT

Таким чином, перший крок задачі зрозумілий: потрібно знайти найоптимальніший шлях доставки вантажу, в даному випадку – це молочні консерви, що вважаються швидкопсувними і відносяться до категорії спеціальних вантажів, з м. Первомайськ у Миколаївський аеропорт «Кульбакіно».

Після доставки вантажу до аеропорту «Кульбакіно», далі необхідно пройти зони обробки вантажу (рис. 2). Тому, наступним кроком є автоматизація однієї із зон за допомогою системного аналізу.

Щоб знайти найоптимальніший шлях, нами було обрано дві дороги місцевого значення: Р06, Т1504. Кращий маршрут обираємо за всіма показниками споживчих властивостей автомобільних доріг. Під показниками споживчих властивостей розуміється:

- безпека руху;
- забезпечення розрахункової швидкості;
- безперервність руху;
- комфортність;
- пропускна здатність дороги;
- екологічна безпека дороги;
- естетичний стан дороги;
- рівень обслуговування;
- інформаційне забезпечення.

Оскільки маршрути Р06 та Т1504 є дорогами місцевого значення, то найбільш важливим є визначення пропускної здатності, де буде враховано швидкість автомобіля та його безпека. Під пропускною здатністю розуміють максимальну кількість автомобілів, яку може пропустити ділянка дороги в одиницю часу.

З використанням середньої швидкості вільного руху пропускна здатність однієї смуги руху на перегоні  $R_{пер}$  між перехрестями на основі характеристик транспортного потоку розраховується за формулою [3]

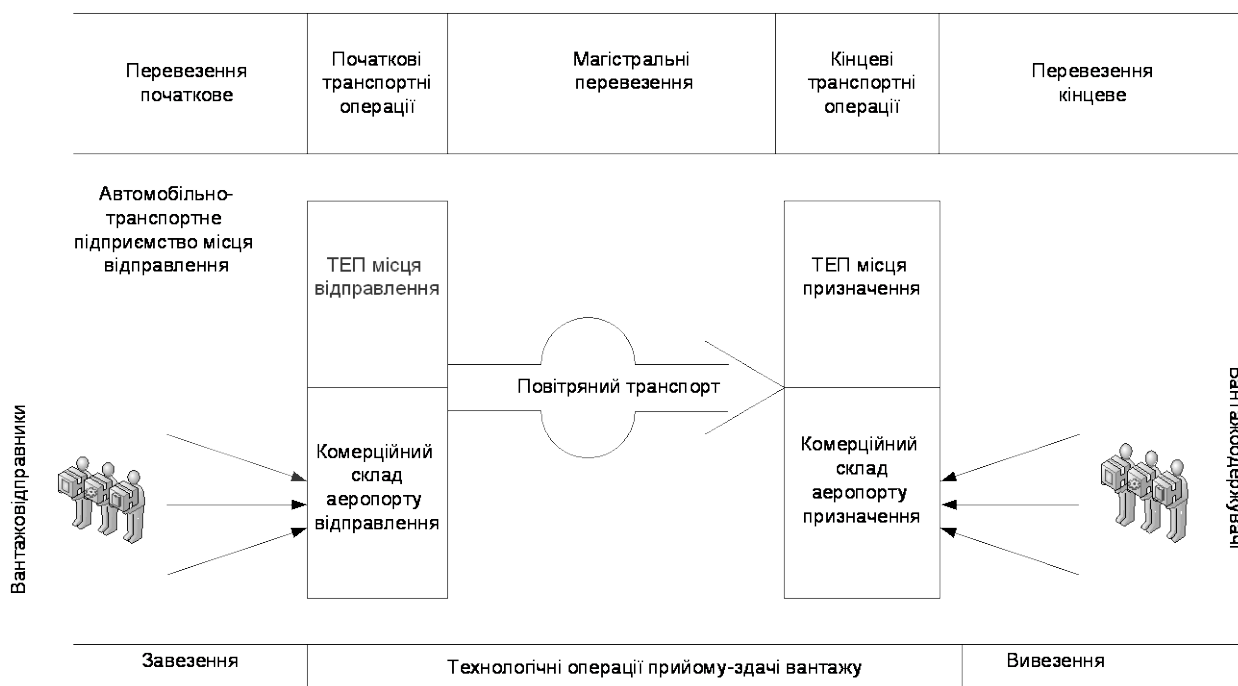


Рисунок 2 – Комплексна структура повітряно-транспортних доставок вантажів (поняття перевізного процесу)

$$P_{\text{пер}} = \frac{1}{4} \cdot \beta_{\text{пер}} \cdot U_0 \cdot Q_{\text{max}}, \quad (1)$$

де  $U_0$  – середня швидкість вільного руху, що регулюється умовами руху (згідно з ПДД в ідеальних умовах на міських дорогах не повинна перевищувати 60 км/год.);  $Q_{\text{max}}$  – щільність потоку в умовах, близьких до затору, авт./км;  $\beta_{\text{пер}}$  – узагальнений коефіцієнт зниження пропускної здатності на перегоні (в ідеальних умовах для прямолінійної ділянки  $\beta = 1$ ) задається відношенням

$$\beta_{\text{пер}} = \left( \frac{U_{\text{опт}}}{U_0} \right)^2, \quad (2)$$

де  $U_{\text{опт}}$  – середня швидкість вільного руху автомобіля на перегоні з урахуванням уповільнення транспортних засобів на планувальних елементах, км/год. У міських умовах падіння швидкості руху завжди спостерігається при незадовільній видимості на поворотах, при малих радіусах повороту, звуженні проїзної частини, перетинанні трамвайних і залізничних колій і т.п.

Таким чином, у загальному вигляді пропускна здатність смуги руху на перегоні може розраховуватися за формулою

$$P_{\text{пер}} = \frac{1}{4} \cdot \left( \frac{U_{\text{опт}}}{U_0} \right)^2 \cdot Q_{\text{max}}. \quad (3)$$

Щільність потоку, в свою чергу, визначають на основі довжини розрахункового легкового автомобіля з урахуванням середньозваженого коефіцієнта приведення і відстані безпеки.

$$Q_{\text{max}} = \frac{1000}{\frac{l_a}{K_{\text{пр}}} + l_b}, \quad (4)$$

де  $l_a$  – довжина розрахункового легкового автомобіля;  $l_b$  – відстань безпеки. На такій відстані транспортний потік знаходиться в хиткому стані і рухається дуже повільно, з

характерними короткочасними зупинками;  $K_{np}$  – середньозважений коефіцієнт приведення, що розраховують за даними складу транспортного потоку

$$K_{np} = \frac{\sum (N_i \cdot K_i)}{\sum N_i}, \quad (5)$$

де  $N_i$  – кількість транспортних одиниць одного типу або вантажопідйомності, авт./год.;  $K_i$  – відповідний перевідний коефіцієнт (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Перевідний коефіцієнт різних типів транспортних засобів

| Типи транспортних засобів                  | Перевідний коефіцієнт |
|--|-----------------------|
| Легкові автомобілі                         | 1,0                   |
| Вантажні автомобілі вантажопідйомністю, т: |                       |
| до 2                                       | 1,5                   |
| більше 2 до 5                              | 2,0                   |
| більше 5 до 8                              | 2,5                   |
| більше 8 до 14                             | 3,5                   |
| автобуси                                   | 2,0-3,0               |
| тролейбуси                                 | 2,5                   |
| трамвай (один вагон)                       | 3,5                   |

Маршрут Р06, що проходить через Южноукраїнськ, Вознесенськ, Нову Одесу, має пропускну здатність 27 авт./год. По цьому маршруту, враховуючи пропускну здатність дороги, правила дорожнього руху, стан доріг та ін., автомобілі компанії TNT MERCEDES-BENZ 1218D можуть рухатися з середньою швидкістю 70 км/год. Так як відстань маршруту 165 км, то час, затрачений на перевезення вантажу, складатиме – 2,36 год. з витратою пального 26,5 л.

Маршрут Т1504, що проходить у більшості через села та селища міського типу, такі як смт. Доманівка, с. Щасливка, с. Копані та ін., має пропускну здатність 37 авт./год. Згідно з правилами дорожнього руху та враховуючи стан дороги, пропускну здатність, автомобілі MERCEDES-BENZ 1218D можуть рухатися з середньою швидкістю – 50 км/год. Оскільки відстань маршруту 179 км, то час, затрачений на транспортування вантажу, складатиме – 3,58 год. з витратою пального 34 л.

Вантажопідйомність літака компанії TNT Boeing 737-300SF, який треба буде завантажити, становить 20 т, отже, компанія повинна відправляти по 4 автомобілі. Це говорить про те, що пропускну здатність доріг, яка відрізняється всього на 10 автомобілів за годину, дозволяє рухатися по обох маршрутах. Тому повернемося до інших показників споживчих властивостей автомобільних доріг, які є не менш важливими. На мою думку, перш за все, потрібно врахувати те, що маршрут Т1504 проходить через більше десятка сіл, де живе багато людей і, особливо, дітей. Тому необхідно повернутися до таких показників, як: безпека руху, безперервність руху та екологічна безпека. Не треба погіршувати екологічну ситуацію, де живуть люди, і створювати їм більшу небезпеку, проїжджаючи під вікнами їх будинків, якщо можна доставляти вантаж дорогою місцевого значення Р06. Крім того, по І маршруту спостерігаємо наявність наступних показників: рівень обслуговування та інформаційне забезпечення.

Отже, маршрут Р06, що проходить через Южноукраїнськ, Вознесенськ, Нову Одесу, є найкращим майже за всіма показниками. І, найголовніше, що час, затрачений на перевезення вантажу, – молочних консервів з ЗАТ «Первомайський молочноконсервний комбінат» в аеропорт м. Миколаєва «Кульбакіно» є меншим на 1 год. 22 хв. Це треба враховувати, адже вантаж швидкопсувний і хвилина простою літака Boeing 737-300SF в аеропорту «Кульбакіно» коштує немало, тому чим швидше ми доставимо продукцію, тим ефективність авіаційних перевезень буде вищою.

Наступним етапом, яким ми хочемо вдосконалити вантажні авіаційні перевезення, є автоматизація однієї із зон обробки вантажу вже безпосередньо в аеропорту. На рис. 3 маємо завершальну схему ТЕП TNT в аеропорту.

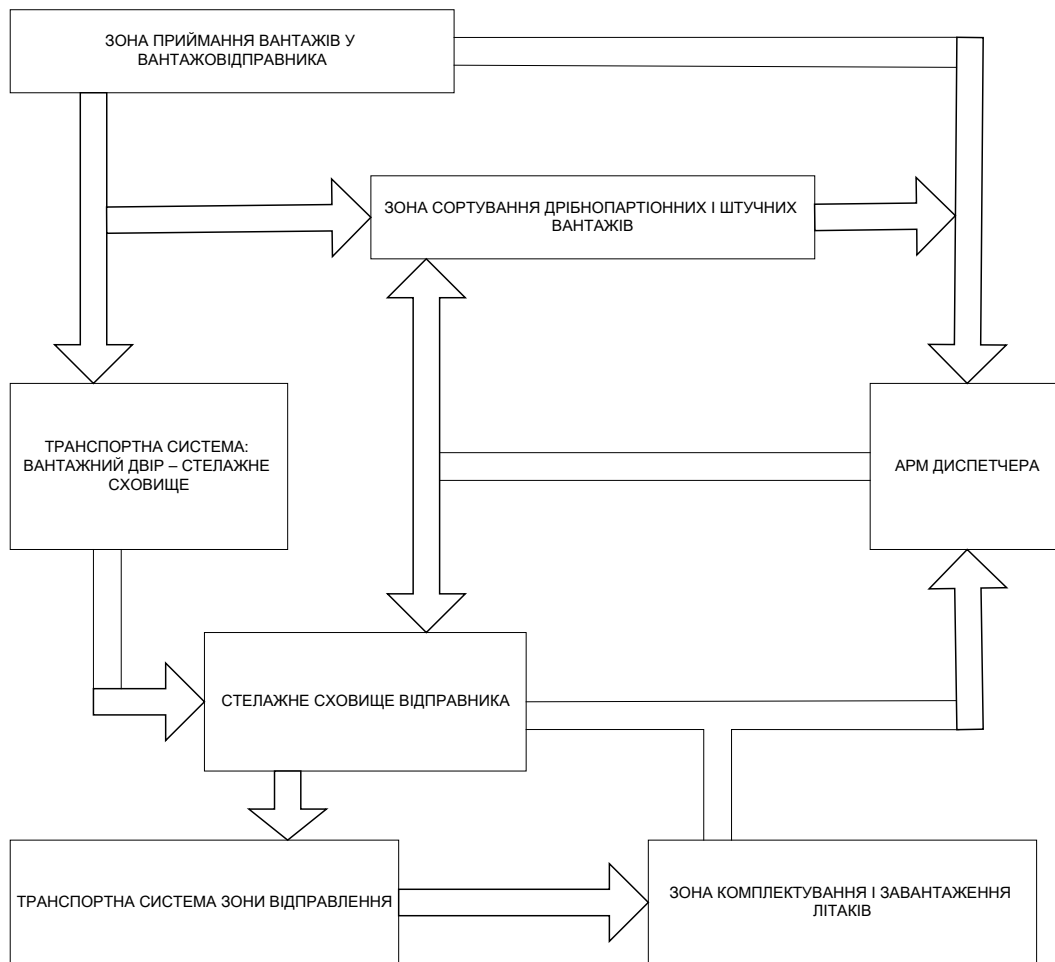


Рисунок 3 – ТЕП місця відправлення

Для дослідження схеми ТЕП місця відправлення застосуємо один з методів системного аналізу – метод Делфі. Системний аналіз дозволяє:

1. Врахувати принципову складність об'єкта, що досліджується; бере до уваги розгалужені та стійкі взаємні зв'язки його з оточенням.
2. Виявити нові конкретні властивості та взаємні зв'язки конкретного об'єкта дослідження, ґрунтуючись на відомих властивостях складних систем.
3. Створити правильну постановку задачі і вибрати відповідні методи для її розв'язання.
4. Знайти шлях, яким можна перетворити складну проблему на простішу.

Метод Делфі – багатоетапний метод, що передбачає початкове ізольоване винесення експертами своїх суджень та подальше багаторазове їх коректування на базі ознайомлення кожного експерта з судженнями інших експертів до тих пір, поки величина поставлених оцінок не буде знаходитися в рамках заздалегідь встановленого бажаного інтервалу варіювання оцінок. Метод Делфі є найбільш формальним з усіх методів експертного прогнозування і найбільш часто використовується в технологічному прогнозуванні, дані якого використовуються потім у плануванні виробництва і збуту продукції. Це груповий метод, при якому проводиться індивідуальне опитування групи експертів щодо їхніх припущень про майбутні події в різних областях, де очікуються нові відкриття або вдосконалення [4].



За допомогою методу Делфі проаналізуємо схему і визначимо найважливішу із зон, яка займає найбільше часу обробки вантажу і яку можна буде автоматизувати для підвищення ефективності.

Було обрано групу експертів з шести чоловік, які займають керівні посади у відділі транспорту, відділі внутрішньоукраїнських та імпорتنних перевезень компанії TNT. Обраною групою експертів були визначені такі зони ТЕП (альтернативи):

1. Зона приймання вантажів у вантажовідправника;
2. Транспортна система: вантажний двір – стелажне сховище;
3. Стелажне сховище відправника;
4. Транспортна система зони відправлення;
5. Зона комплектування завантаження літаків.

Після першого туру не були отримані узгоджені оцінки експертів, оскільки за отриманими значеннями неможливо визначити, яка із зон займає найбільше часу і може бути запропонована для автоматизації. Тому проводимо другий тур оцінювання альтернатив – зон обробки вантажу (табл. 2).

Таблиця 2 – Значення векторів пріоритетів експертів після 2-го туру

| Параметри | Експерти |     |     |     |     |     |
|-----------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
|           | 1        | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
| 1         | 0,1      | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| 2         | 0,3      | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 |
| 3         | 0,1      | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| 4         | 0,1      | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 |
| 5         | 0,2      | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |

Як видно з табл. 2, оцінки експертів майже не розходяться. Можна зробити висновок, що вони узгоджені. За даним методом видно, що зоною, яка займає найбільше часу і яку можна автоматизувати, є зона – транспортна система: вантажний двір – стелажне сховище.

Після підвищення ефективності вантажних авіаційних перевезень, необхідно оцінити надійність доставки вантажів. Для цього треба враховувати розподіл потоків відмов у результаті перевезення вантажів автомобільним та аеродромним транспортом.

Ймовірність безвідмовної роботи транспортних засобів визначаємо за формулою

$$P(t) = 1 - \int_0^t \omega(t) dt, \quad (6)$$

де  $\omega$  – розподіл потоків відмов;  $t$  – час.

При транспортуванні вантажів автомобільним транспортом з Первомайська до Миколаєва розподіл потоків відмов становить:  $\omega = 0,9 \cdot 10^{-4}$ . Час, затрачений на доставку, дорівнює приблизно 2,5 годин. Отже

$$P(t) = 1 - \int_0^9 \omega(t) dt = 1 - \omega \cdot t = 1 - 0,9 \cdot 10^{-4} \cdot 2,5 = 0,9998. \quad (7)$$

При транспортуванні вантажів аеродромним транспортом розподіл потоків відмов становить:  $\omega = 0,5 \cdot 10^{-4}$  1/км. Оскільки, загальний час транспортування вантажу по аеродрому в аеропорту м. Миколаєва «Кульбакіно» становить приблизно 0,45 години, то

$$P(t) = 1 - \int_0^{1,25} \omega(t) dt = 1 - \omega \cdot t = 1 - 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,45 = 0,9999. \quad (8)$$

Отже, судячи з отриманих значень ймовірності безвідмовної роботи транспортних засобів, які задіяні в процесі доставки, можна сказати, що надійність доставки вантажу з м. Первомайськ у м. Миколаїв є дуже високою.

**Висновки.** Запропонований варіант підвищення вантажних авіаційних перевезень за рахунок підвищення ефективності автомобільних перевезень, а також за рахунок запропонованої автоматизації однієї із зон обробки вантажу, є дійсно ефективним. Адже вантаж доставлятиметься швидко до аеропорту і швидше буде «рухатися» по самому аеропорту, безпосередньо, до літака. А чим швидше літак завантажиться, тим менше компанія заплатить за його простій, тим швидше літак відправиться і, таким чином, у залежності від маршруту, зможе зробити на день чи на тиждень на кілька рейсів більше. А це і є підвищенням ефективності авіаційних вантажних перевезень.

Крім цього, при оцінці надійності доставки вантажу в обране місто різними видами транспортних засобів були отримані також високі значення: автомобільним транспортом – ймовірність безвідмовної роботи 0,9998, аеродромним транспортом – 0,9999.

Отже, запропонований варіант підвищення ефективності вантажних авіаперевезень є доцільним та вигідним.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Паранукян В.Е. Общий курс транспорта: учебное пособие. – Мариуполь, 1999. – 138 с.
2. Транспортная логистика: Учебник для транспортных вузов / Под общей редакцией Л.Б. Миротина. – М.: Издательство “Экзамен”, 2003. – 512 с.
3. Методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи з дисципліни “Планування міст і транспорт” (для студентів 3 курсу денної та заочної форм навчання спеціальності 6.092108 – “Теплогазопостачання і вентиляція”) / Укл.: Ляпенко В.О. – Харків: ХНАМГ, 2008. – 54 с.
4. Казак В.М. Конспект лекцій з дисципліни: Системний аналіз АОТС.

## ТОЧНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМИ РОБОТАМИ РОБОЧИХ ПОЗИЦІЙ МЕХАНООБРОБНИХ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ КОМПРОК

Кирилович В.А., Сазонов А.Ю.  
Житомирський державний технологічний університет  
(Україна)

**Вступ. Постановка проблеми.** Проблема точності технологічних систем різного призначення посідає одне з найголовніших місць у науково-практичних дослідженнях та охоплює досить широкий спектр питань, розгляд кожного з яких вимагає суттєвих часових, інформаційних та економічних ресурсів. Однією з важливих складових роботизованих технологічних процесів є технологічне обслуговування робочих позицій (РП) схватом (Сх) промислового робота (ПР). Його зміст полягає в завантаженні-розвантаженні технологічного обладнання, кожна одиниця якого за технологією є т-ою РП (РП<sub>t</sub>) механообробки. Очевидно, що при цьому задіяні такі елементи технологічної роботизованої системи (ТРС), як об'єкт маніпулювання ( $OM_{t-1/t}$ , де індекс  $(t-1)$  вказує на стан та параметри ОМ, що надходить на t-ту РП<sub>t</sub> від попередньої  $(t-1)$ -ої РП<sub>t-1</sub>, а індекс  $t$  вказує на стан та параметри ОМ після технологічної дії на нього на t-ій РП<sub>t</sub>), що закріплений у схваті (Сх) ПР, та пристосування (Пр) РП<sub>t</sub>. СхПР, ОМ та ПрРП в різних поєднаннях формують так званий технологічний роботизований комплект (ТРК). [1] У такому випадку роботизований технологічний процес (ТП) розглядається як змінний за часом і простором еволюційний стан ТРК. При цьому очевидно, що вхідним параметром точності при завантаженні ПрРП<sub>t</sub> в контексті розглядуваної проблеми є точність встановлення ТРК ( $OM_{t-1} + СхПР$ ) в ПрРП<sub>t</sub>, що значною мірою визначається похибкою позиціонування СхПР в необхідній точці траєкторії. У загальному випадку остання містить дві складові: детерміновану (систематичну) та стохастичну (випадкову), що породжені різними факторами, наприклад, обмеженою роздільною здатністю датчиків зворотного зв'язку, тертям у вузлах спряження кінематичних ланок маніпуляційної системи (МС), силами та моментами, що виникають при траєкторному переміщенні МС ПР, похибками відпрацювання переміщень привідними механізмами ланок тощо. Сумарна похибка є екстремальною при маніпулюванні довгомірними об'єктами типу "вал", особливо на найбільш віддалених ділянках робочої зони ПР. [2, 4, 8, 9, 10]

**Сучасний стан проблеми.** Висвітлені в інформаційних джерелах методи підвищення точності технологічних роботизованих систем та їх складових – МС ПР, СхПР, ОМ та ПрРП (що названі тут ТРК) базуються переважно на емпіричному аналізі похибок, визначенні корегуючих коефіцієнтів та їх подальшому врахуванні при розробці алгоритмів роботи ПР. Крім того, застосовуються методи активної адаптації ПР при відпрацюванні траєкторних переміщень, [2, 6, 7, 8, 9, 10] сутність яких полягає у компенсації похибок у режимі on-line за рахунок корегуючих рухів привідних механізмів ланок МС ПР за даними про поточні відхилення аналізованих параметрів, отриманих з датчиків зворотного зв'язку. Використання пасивних методів адаптації, що базуються на використанні пружних властивостей ланок МС та застосуванні пасивних компенсуювальних елементів, у "чистому" вигляді погіршує показники перерегулювання, вносячи додаткові фактори, що в більшості випадків призводять до коливань СхПР в опорних точках переміщень [2, 8, 10].

Такі підходи до вирішення даної проблеми неповною мірою задовольняють сучасні вимоги щодо точності, надійності та швидкодії технологічних систем та, як правило, вимагають немалих матеріальних витрат на їх реалізацію.

**Метою роботи** є висвітлення підходу авторів щодо доцільності використання комбінованого методу адаптації СхПР при технологічному обслуговуванні РП механообробних ГВК.

**Основна частина.** Як напрям подолання проблеми точності доцільно розглядати комбінований метод адаптації.

Одним із варіантів його реалізації є внесення конструктивних змін до ланки МС ПР, що передує Сх. Вказане досягається за рахунок використання попередньо розрахованого та сконструйованого вузла адаптації (ВА), що функціонує в on-line режимі, реагуючи та відпрацьовуючи силомоментні збурення, що виникають, наприклад, при закріпленні ТРК ( $\hat{H}_{t-1} + \tilde{N}_{t-1}$ ) в ПрРП<sub>t</sub>. У цьому випадку має місце так званий конфлікт сили (англ. – force conflict – FC). Вказане виконується без визначення джерел походження силомоментних збурень та їх значень і діє ефективно в межах попередньо визначених функціональних можливостей конкретних конструкцій ВА, що є очевидною практичною та функціональною перевагою комбінованого методу адаптації. Незважаючи на очевидний негативний наслідок такого підходу (зменшення корисної вантажопід'ємності Сх на величину ваги ВА, що може бути мінімізована за рахунок використання легких сучасних матеріалів), вказане розглядається як перспективний напрямок, перш за все, щодо економічної доцільності цього. Попередні розрахунки показали, що при цьому затрати на конструювання, виготовлення та налагодження ВА в МС ПР приблизно на порядок менші, ніж застосування аналогічних ПР із значно більшою ( $\approx$  в 5 разів) точністю позиціонування Сх (для ПР із номінальною вантажопід'ємністю 10-15 кг), а значить і значно дорожчих.

Автори розглядають даний підхід до адаптації ТРК на рівні РП<sub>t</sub>-адаптації та на рівні ГВК-адаптації. У першому випадку ТРК для кожної РП<sub>t</sub> реагує на силомоментні збурення без запам'ятовування поточних параметрів та характеристик функціонування ТРК. При цьому в залежності від виду технологічного переходу комбінований метод адаптації може проявлятися як пасивно-активний (при завантаженні ПрРП<sub>t</sub>), так і активно-пасивний (при розвантаженні ПрРП<sub>t</sub>). Отриманий патент України на корисну модель ВА (очутливлений кистьовий суглоб маніпулятора промислового робота) підтверджує новизну технічних рішень. У другому випадку, що технічно є більш складним, відповідні дані запам'ятовуються для можливого їх урахування при технологічному обслуговуванні всіх Т робочих позицій ( $\forall РП_t | t = \overline{1, T}$ ) механообробних ГВК, що підвищує ефективність виконання всіх переходів при технологічному обслуговуванні ПР всіх РП ГВК.

Впровадженню запропонованого підходу щодо комбінованої адаптації СхПР передує технологічне обґрунтування виконання вказаного, що очевидно несе вагому економічну складову. Зміст останнього зводиться до моделювання, наприклад, у середовищі MATLAB, пакет Simulink точності позиціонування ТРК ( $OM_{t-1} + СхПР$ ) в точці базування та закріплення  $OM_{t-1} \in ТРК(OM_{t-1} + СхПР)$  в ПрРП<sub>t</sub> з урахуванням усіх елементарних складових, що формують кінцеву похибку базування  $OM_{t-1}$ . Моделювання є обов'язковим для довгомірних ОМ, які в силу певних причин, що тут не розглядаються, закріплюються в СхПР консольно.

Для множини довгомірних ОМ за результатами моделювання визначається інтервал розрахункових кінцевих похибок, що сформований відповідним складом ТРК, та приймається рішення щодо формування групи ОМ, які закріплюються в СхПР з використанням конкретного ВА, що має свої технічні характеристики та експлуатаційні параметри.

**Висновки.** Викладене вище вказує на необхідність проведення подальших наукових досліджень щодо розробки нових та вдосконалення існуючих методів вирішення проблеми точності ТРС та ТРК як складової механообробних ГВК як на етапі їх проектування, так і на етапі їх експлуатації.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Технологія автоматизованого виробництва: [підручник] / О.О. Жолобов, В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 1014 с.
2. Аннаби М.Х. Приближенный метод расчета погрешностей обработки роботами программных траекторий: Дис. канд. техн. наук: 05.02.05 / Аннаби Мохаммед Хабиб. – СПб.: СПбГПУ, 2003. – 126 с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. В 3-х т. Т. 3. / Под ред. Жестковой И.Н. – М.: Машиностроение, 2001. – 864 с.
4. Ибрагим А.Р. Повышение точности устройств автоматической смены зажимных элементов в токарном модуле. Дис. канд. техн. наук: 05.03.01 / Ибрагим Фархан Салман Аль Рефо. – К.: НТУУ «КПИ», 2002. – 168 с.
5. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1. – 4-е изд. перераб. и доп. / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
6. Лукьянов А.А. Математическое моделирование в проблеме обеспечения точности движения и позиционирования мобильных манипуляционных роботов: дис. доктора технических наук: 05.13.18 / Лукьянов Андрей Анатольевич. – Иркутск, 2005. – 435 с.
7. Колпашников С.Н. Нормирование точностных характеристик промышленных роботов при комплексной стандартизации их испытаний / С.Н. Колпашников, И.Б. Челпанов // Стандарты и качество. – 1986. – № 3.
8. Корендясев А.И. Теоретические основы робототехники: в 2 кн. / А.И. Корендясев, Б.Л. Саламандра, Л.И. Тывес; отв. ред. С.М. Каплунов. – М.: Наука, 2006. – 383 с. (кн. 1)
9. Яглінський, В.П. Моделювання динамічних процесів роботизованого виробництва / В.П. Яглінський, Д.В. Іоргачов. – Одеса: Астропринт, 2004. – 234 с.
10. Lenarčič J. Advances in robot kinematics: analysis and design. / Jadran Lenarčič, Philippe Wenger. – Springer, 2008. – 472 с.

## ЛОГИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ КОНФЛИКТА И СОТРУДНИЧЕСТВА В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ

Левин В.И.

Пензенская государственная технологическая академия  
(Россия)

**Введение.** Различные конфликты присутствуют во всех областях, с которыми связана деятельность человека: общество, его экономика, природа, техника. Однако различные виды конфликтов до сих пор воспринимаются исследователями не как различные проявления в принципе одного и того же явления, а как существенно разные процессы. В связи с этим современная наука о конфликтах развивается по различным направлениям, связанным отчасти с типами изучаемых конфликтов, но в большей степени – с полученным образованием и опытом работы исследователя. В наибольшей степени сложилось два таких направления – гуманитарное и естественнонаучное. Гуманитарное направление использует традиционные качественные методы гуманитарных наук и направлено не столько на детальное изучение, сколько на способы практического разрешения психологических, педагогических, медицинских, этнических, религиозных, юридических, политических и иных подобных конфликтов [1]. Естественнонаучное направление использует математические модели и методы, сходные с используемыми в естественных и точных науках – математике, физике, биологии, кибернетике; оно направлено на детальное количественное изучение конфликтных ситуаций в технических, биологических, экологических, физических, информационных и некоторых других подобных системах. Отметим также, что непрерывно увеличивается число классов конфликтующих систем, к изучению которых привлекаются методы обоих названных направлений. Таковы, например, социальные, исторические, человеко-машинные, экономические, производственные, управленческие и некоторые другие системы. Сюда же следует отнести вооруженные конфликты в системах государств.

С конца 1990-х гг. на базе естественнонаучного направления начали создаваться различные версии общей теории конфликта, различающиеся базовой концепцией и выбранными математической моделью и математическим аппаратом. Так, существует игровая теория конфликта в форме математической теории игр [2], структурная теория конфликта, построенная на основе структурно-параметрического представления конфликтующих систем [3], вероятностная теория конфликта, в которой степень конфликтности определяется с помощью аппарата теории вероятностей [4], дифференциальная теория конфликта, созданная на основе дифференциального и интегрального исчисления [5].

Известно, что большое число классов систем, в частности, конфликтующих между собой систем, можно адекватно описывать в терминах математического аппарата алгебры логики [6-18]. Преимущества логического моделирования систем заключаются в конструктивности аппарата алгебры логики, наличии в нем эффективных вычислительных алгоритмов и легкости интерпретации получаемых с его помощью результатов. Все это делает целесообразным построение логической теории конфликта. Настоящая работа – первый шаг на пути построения такой теории.

**Постановка задачи.** Начнем с нескольких примеров. 1. Пусть имеется некоторая техническая система, состоящая из основного устройства и  $n$  резервных устройств. Система запускается с работоспособным основным устройством, которое выполняет возложенную на систему функцию. При этом все резервные устройства отключены. По выходе из строя основного устройства включается 1-е резервное устройство, которое берет на себя возложенную на систему функцию. Аналогично, по выходе 1-го резервного устройства из строя функцию системы берет на себя 2-е резервное устройство и т.д. Обозначим состояние основного устройства  $x$ , где  $x = 1$ , если устройство

работоспособно, и  $x = 0$ , если оно неработоспособно. Аналогично, обозначим состояние  $i$ -го резервного устройства  $x_i, i = \overline{1, n}$ , где  $x_i = 1$ , если  $i$ -е устройство работоспособно, и  $x_i = 0$ , если неработоспособно. Далее, обозначим состояние всей системы  $y$ , где  $y = 1$ , если система выполняет возложенную на нее функцию, т.е. работоспособна, и  $y = 0$ , если она не выполняет эту функцию (неработоспособна). Из описания работы системы следует, что система работоспособна, только если в ней работоспособны основное устройство или хотя бы одно из  $n$  резервных устройств. Таким образом, функцию состояния системы  $y = f(x, x_1, \dots, x_n)$ , выражающую зависимость состояния системы  $y$  от состояний ее устройств  $x, x_1, \dots, x_n$  в один и тот же произвольный момент времени, можно записать в виде следующей булевой логической функции

$$y = x \vee x_1 \vee \dots \vee x_n \quad (1)$$

Здесь  $\vee$  означает логическую операцию булевой дизъюнкции.

Булева логическая функция (1) представляет собой одномоментную (статическую) математическую модель функционирования описанной системы: она выражает одномоментное состояние всей системы  $y$  в виде суперпозиции логических операций дизъюнкции над состояниями в тот же момент времени  $x, x_1, \dots, x_n$  всех ее устройств. Эту функцию будем называть функцией состояния системы. Из выражения (1) хорошо видно, что  $y = 1$  только если  $x = 1$  или  $x_1 = 1$  или ... или  $x_n = 1$ , что полностью соответствует описанному условию работоспособности нашей системы.

2. Рассмотрим экономическую систему, состоящую из  $n$  однотипных организаций по обслуживанию клиентов некоторого города (магазинов или банков или ремонтных мастерских и т.д.). Для определенности будем далее рассматривать систему магазинов. Каждый магазин имеет свой индивидуальный перечень предлагаемых товаров (продуктов). Однако множество  $A$  всех магазинов нашей системы  $A_1, A_2, \dots, A_n$  должно обладать свойством полноты, в соответствии с которым клиент, посетив все магазины этого множества, гарантированно сможет приобрести все товары (продукты) из некоторого стандартного списка минимально необходимых товаров (продуктов). Кроме того, некоторые подмножества множества всех магазинов системы могут также обладать свойством полноты. Обозначим  $x_i, i = \overline{1, n}$ , действие клиента в отношении  $i$ -го магазина, где  $x_i = 1$ , если клиент посещает этот магазин для покупки некоторой части стандартного списка необходимых товаров, и  $x_i = 0$ , если не посещает. Пусть  $\{A_{i_1}, A_{i_2}, \dots, A_{i_k}\}$  – некоторое полное подмножество магазинов с номерами  $i = i_1, i_2, \dots, i_k$ . Действия клиента в отношении этого подмножества магазинов, рассматриваемого как единое целое, можно описать в виде логической функции  $y = f(x_{i_1}, \dots, x_{i_k})$

$$y = x_{i_1} \wedge x_{i_2} \wedge \dots \wedge x_{i_k}, \quad (2)$$

в которой  $y = 1$ , если клиент посещает все магазины подмножества, приобретая при этом полный список товаров, и  $y = 0$  – в противном случае, а  $x_i$  введены выше. Здесь  $\wedge$  означает логическую операцию булевой конъюнкции. Из формулы (2) видно, что  $y = 1$  только если  $x_{i_1} = 1$  и  $x_{i_2} = 1$  и ... и  $x_{i_k} = 1$ , что полностью соответствует описанному условию работы выделенного подмножества магазинов. В дальнейшем знак  $\wedge$  булевой конъюнкции для сокращения записи будет опускаться. Булеву логическую функцию  $y = f(x_{i_1}, \dots, x_{i_k})$  вида (2) естественно называть частной функцией состояния произвольного клиента при выбранном полном подмножестве магазинов  $\{A_{i_1}, \dots, A_{i_k}\}$ , поскольку она выражает зависимость состояния клиента, в смысле приобретения (неприобретения) им стандартного списка необходимых товаров, от посещения (непосещения) им всех

магазинов выбранного полного подмножества магазинов. Однако клиент вправе выбрать для посещения любое полное подмножество имеющегося множества магазинов  $A$  (включая само множество  $A$ ), поскольку все они эквивалентны в смысле возможности приобретения стандартного списка товаров. Отсюда следует, что полная возможность приобретения клиентом стандартного списка товаров во всем имеющемся множестве магазинов  $A$  есть теоретико-множественное объединение его частных возможностей приобретения указанного списка товаров в отдельных полных подмножествах множества  $A$ . Это означает, что, наряду с частными (2), существует также общая функция состояния произвольного клиента  $y = f(x_1, \dots, x_n)$ , выражающая зависимость состояния клиента, в смысле приобретения (неприобретения) им стандартного списка товаров, от посещения (непосещения) им всех магазинов хотя бы одного полного подмножества магазинов  $\{A_{i_1}, \dots, A_{i_k}\}$  имеющегося множества магазинов  $A = \{A_1, \dots, A_n\}$ . Указанная функция имеет следующий вид

$$y = \bigvee_{\{i_1, \dots, i_k\}} (x_{i_1} x_{i_2} \dots x_{i_k}), \quad (3)$$

Дизъюнкция  $\vee$  конъюнкций переменных  $(x_{i_1}, \dots, x_{i_k})$  в выражении (3) берется по всем наборам номеров магазинов  $\{i_1, \dots, i_k\}$ , которым соответствуют полные подмножества магазинов  $\{A_{i_1}, \dots, A_{i_k}\}$ . Из выражения (3) видно, что  $y = 1$  (клиент приобретает стандартный список товаров), лишь если хотя бы для одного набора  $\{i_1, \dots, i_k\}$  имеем  $x_{i_1} = 1, \dots, x_{i_k} = 1$  (т.е. клиент посещает все магазины хотя бы одного полного подмножества магазинов  $\{A_{i_1}, \dots, A_{i_k}\}$ ). Такое устройство общей функции состояния клиента системы магазинов полностью соответствует описанным выше условиям функционирования этой системы. Поэтому логическую булеву функцию (3), имеющую вид дизъюнкции конъюнкций (т.е. дизъюнктивной нормальной формы – ДНФ) можно считать статической математической моделью функционирования системы магазинов. Совершенно аналогично строятся статические математические модели других сходных экономических систем – банков, ремонтных мастерских и т.д.

3. Пусть имеется административная система – Ученый совет, включающий председателя совета и  $n$  членов совета. Для простоты будем считать  $n$  четным. Заседание совета правомочно, только если в нем участвует председатель совета и не менее половины членов совета. Обозначим состояние ученого совета  $y$ , где  $y = 1$ , если совет правомочен проводить заседание, и  $y = 0$ , если не правомочен. Далее, обозначим  $x_i$  состояние  $i$ -го члена совета, где  $x_i = 1$ , если  $i$ -й член совета присутствует на заседании совета, и  $x_i = 0$ , если не присутствует. Вводим переменную  $x$  для обозначения состояния председателя совета:  $x = 1$ , если председатель присутствует на заседании совета, и  $x = 0$ , если не присутствует. Из описания работы совета следует, что заседание совета правомочно ( $y = 1$ ), только если  $x = 1$  и существует хотя бы один набор  $\{x_{i_1}, \dots, x_{i_{n/2}}\}$  из  $n/2$  переменных  $x_i$ , в котором  $x_{i_1} = 1, \dots, x_{i_{n/2}} = 1$ . Таким образом, функцию состояния рассматриваемой системы  $y = f(x, x_1, \dots, x_n)$ , выражающую зависимость состояния системы  $y$  от состояния председателя  $x$  и состояний рядовых членов  $x_1, \dots, x_n$  в один и тот же произвольный момент времени можно представить в виде следующей булевой логической функции

$$y = x \left[ \bigvee_{\{i_1, \dots, i_{n/2}\}} (x_{i_1} x_{i_2} \dots x_{i_{n/2}}) \right]. \quad (4)$$

Дизъюнкция  $\vee$  конъюнкций переменных  $(x_{i_1}, \dots, x_{i_{n/2}})$  в выражении (4) берется по всем возможным конъюнкциям, включающим по  $n/2$  переменных из множества  $\{x_1, \dots, x_n\}$  каждая. Число этих конъюнкций



$$N = C_n^{n/2} = \frac{n!}{[(n/2)!]^2}. \quad (5)$$

Булева логическая функция вида (4) является статической математической моделью работы описанной выше административной системы – Ученого совета. Она выражает одномоментное состояние всей системы  $y$  в виде суперпозиции логических операций конъюнкции и дизъюнкции над состояниями в тот же момент времени  $x, x_1, \dots, x_n$  элементов системы – председателя и членов Ученого совета. Из (4) видно, что  $y = 1$  только если  $x = 1$  и хотя бы для одного набора  $\{x_{i_1}, \dots, x_{i_{n/2}}\}$  из  $n/2$  переменных  $x_i$  выполняется  $x_{i_1} = 1, \dots, x_{i_{n/2}} = 1$ . Это полностью соответствует описанным выше условиям работы нашей системы.

Из приведенных выше примеров можно заключить, что большое число систем – технических, экономических, административных и т.д. (подробный список см. в [6–18]) можно описать математически с помощью логической функции состояния, выражающей мгновенное состояние системы в произвольный момент времени  $t$  в виде суперпозиции логических операций над состояниями в этот же момент  $t$  элементов системы. Исследование каждой отдельной системы в терминах логической функции ее состояния позволило в свое время построить эффективную логическую теорию систем. С ее помощью можно успешно рассчитывать системы, анализировать и синтезировать их [6–18].

Задача настоящей работы состоит в том, чтобы распространить построенную логическую теорию отдельных систем на ситуацию взаимодействия двух или нескольких систем. Такое распространение теории должно позволить изучать конфликты между системами как их отрицательное взаимодействие, а сотрудничество между ними – как положительное взаимодействие, используя для изучения тот же самый логический аппарат. В итоге должна быть создана логическая теория конфликта и сотрудничества систем, изучающая эти явления полностью формализованно с помощью математического аппарата алгебры логики. Эта теория будет аналогична логической теории цифровых вычислительных устройств [19] и также обладать всеми преимуществами последней – конструктивностью представления изучаемой системы, возможностью формализованного проектирования системы и возможностью формализованной минимизации (упрощения) спроектированной системы.

**Математический аппарат.** В качестве математического аппарата нашей теории будем использовать алгебру логики [19], т.е. систему

$$L = (B; f_1, f_2), \quad (6)$$

где  $B = \{0,1\}$  – двоичное множество, а  $f_1, f_2, \dots$  – все возможные операции на множестве  $B$ , называемые логическими (булевыми) функциями. Любая  $n$ -арная операция  $f$  из алгебры (6) есть отображение  $B^n \rightarrow B$ , т.е. функция  $y = f(x_1, \dots, x_n)$  от  $n$  переменных, где  $y, x_1, \dots, x_n \in B$ . Поэтому областью определения любой булевой логической функции  $y = f(x_1, \dots, x_n)$  является множество всех  $n$ -местных двоичных наборов  $(x_1, \dots, x_n)$  значений аргументов  $x_i$ . Указанные наборы имеют вид  $(00\dots 0), (00\dots 1), \dots, (11\dots 1)$ , их общее число равно  $2^n$ . Областью значений любой логической функции  $f$  с любым набором аргументов  $x_i$  является само несущее множество  $B = \{0,1\}$ .

Наборы аргументов  $(x_1, \dots, x_n)$ , на которых  $f = 1$ , называются единичными. Их совокупность образует единичное множество. Наборы аргументов  $(x_1, \dots, x_n)$ , на которых  $f = 0$ , называются нулевыми, их совокупность образует нулевое множество.

Выделяют логические функции одного и двух аргументов – так называемые элементарные функции. С помощью суперпозиции полных наборов этих функций можно строить любые логические функции от любого числа аргументов [6, 19]. В последующем

изложении мы будем использовать булев полный набор  $\{\vee, \wedge, \bar{\phantom{x}}\}$ , который включает двухместные логические функции дизъюнкцию  $\vee$  и конъюнкцию  $\wedge$  и одноместную логическую функцию отрицание  $\bar{\phantom{x}}$ , определяемые так:

$$x_1 \vee x_2 = \begin{cases} 1, & \text{при } x_1 = 1 \text{ или } x_2 = 1, \\ 0, & \text{при } x_1 = 0 \text{ и } x_2 = 0; \end{cases} \quad x_1 \wedge x_2 = \begin{cases} 1, & \text{при } x_1 = 1 \text{ и } x_2 = 1, \\ 0, & \text{при } x_1 = 0 \text{ или } x_2 = 0; \end{cases} \quad \bar{x} = \begin{cases} 1, & \text{при } x = 0, \\ 0, & \text{при } x = 1. \end{cases} \quad (7)$$

Понятия дизъюнкции и конъюнкции (7) распространяются на любое количество аргументов  $x_i$ . Чаще всего для экономии записи знак конъюнкции  $\wedge$  опускают и вместо  $x_1 \wedge x_2$  пишут  $x_1 x_2$ . Нам еще потребуются две специальные сложные логические функции  $F$  и  $\Phi$ , конструируемые из двух произвольных логических функций  $f_1$  и  $f_2$  следующим образом

$$F = \begin{cases} 1, & \text{если } f_1 = f_2, \\ 0, & \text{если } f_1 \neq f_2; \end{cases} \quad \Phi = \begin{cases} 1, & \text{если } f_1 \neq f_2, \\ 0, & \text{если } f_1 = f_2. \end{cases} \quad (8)$$

Функцию  $F$  назовем функцией совпадения  $f_1$  и  $f_2$ , а функцию  $\Phi$  – функцией несовпадения (расхождения)  $f_1$  и  $f_2$ . Как следует из формул (7), (8), функции  $F$  и  $\Phi$  можно выразить аналитически через функции  $f_1$  и  $f_2$  с помощью элементарных логических операций дизъюнкции, конъюнкции и отрицания (7):

$$F = f_1 f_2 \vee \bar{f}_1 \bar{f}_2, \quad \Phi = f_1 \bar{f}_2 \vee \bar{f}_1 f_2. \quad (9)$$

Кроме того, из (7), (8) видно, что функции  $F$  и  $\Phi$  взаимно обратны, т.е. каждая равна отрицанию другой

$$F = \bar{\Phi}, \quad \Phi = \bar{F}. \quad (10)$$

Будем использовать в дальнейшем две числовые характеристики логических функций: 0-норму  $N_0$  и 1-норму  $N_1$ . 0-нормой логической функции  $n$  аргументов  $y = f(x_1, \dots, x_n)$  называется отношение числа ее нулевых наборов к общему числу ее наборов. 1-нормой логической функции  $n$  аргументов  $y = f(x_1, \dots, x_n)$  называется отношение числа ее единичных наборов к общему числу ее наборов. Поскольку общее число наборов значений аргументов функции  $f(x_1, \dots, x_n)$  равно сумме чисел ее нулевых и единичных наборов, то имеет место

$$N_0 + N_1 = 1. \quad (11)$$

Для нахождения в явной форме функций совпадения  $F$  и несовпадения  $\Phi$  можно использовать аналитический метод, работая по следующему алгоритму.

*Шаг 1.* Выписать аналитические представления заданных функций  $f_1, f_2$  (или привести эти функции к аналитическому представлению, если оно не было задано, используя общеизвестные методы приведения [19]).

*Шаг 2.* Подставить полученные на шаге 1 аналитические представления функций  $f_1, f_2$  в указанные выше формулы (9).

*Шаг 3.* Найденные начальные аналитические выражения функций  $F$  и  $\Phi$  привести к нужной стандартной форме (дизъюнктивная нормальная форма (ДНФ), конъюнктивная нормальная форма (КНФ) и т.д.), используя общеизвестные методы приведения [19].

Явную форму функций  $F$  и  $\Phi$  можно найти также табличным методом, используя следующий алгоритм.

*Шаг 1.* Записать табличное представление функций  $f_1, f_2$  (или привести их к табличному виду, если он не был задан, используя для этого общеизвестные методы приведения к заданному виду [19]).

*Шаг 2.* Получить табличное представление отрицаний функций  $\bar{f}_1, \bar{f}_2$ , для чего нужно в таблицах истинности функций  $f_1, f_2$  заменить значения  $f_1 = 0, f_2 = 0$  на соответствующие значения  $f_1 = 1, f_2 = 1$  и наоборот.

**Шаг 3.** Найти табличное представление конъюнкций функций  $f_1f_2, \bar{f}_1\bar{f}_2, f_1\bar{f}_2, \bar{f}_1f_2$ , для чего следует в каждой клетке таблицы с данным набором значений аргументов обеих функций проставить значение конъюнкции 1, если обе функции, входящие в конъюнкцию, равны на этом наборе 1, и значение конъюнкции 0, если хотя бы одна функция равна 0.

**Шаг 4.** Получить в итоге табличное представление двучленных дизъюнкций, а именно  $f_1f_2 \vee \bar{f}_1\bar{f}_2$  и  $f_1\bar{f}_2 \vee \bar{f}_1f_2$ , для чего нужно в каждой клетке таблицы с данным набором значений аргументов обоих членов проставить значение дизъюнкции 0, если оба члена, входящих в дизъюнкцию, равны на данном наборе 0, и значение дизъюнкции 1, если хотя бы один из членов равен 1.

В результате выполнения шага 4 в соответствии с формулами (9) мы получим табличные представления функций  $F$  и  $\Phi$ .

Для подсчета 1-нормы и 0-нормы любой логической функции проще всего воспользоваться табличным алгоритмом: взять таблицу истинности этой функции, найти в ней числа единичных и нулевых наборов значений аргументов и разделить их на общее количество наборов функции. При этом первый результат даст 1-норму, второй – 0-норму. Можно использовать карту Карно функции; порядок действий здесь аналогичен предыдущему [19].

Другой, аналитический способ подсчета норм логической функции использует ее приведение к совершенной ДНФ (СДНФ) или совершенной КНФ (СКНФ). Приравняв каждую конъюнкцию аргументов в СДНФ к 1, найдем соответствующий набор значений аргументов функции; это и будет единичный набор. В итоге получим все единичные наборы; оставшиеся наборы, очевидно, нулевые. Аналогично, приравняв каждую дизъюнкцию аргументов в СКНФ к 0, найдем соответствующий набор значений аргументов функции; это и будет нулевой набор. В итоге получим все нулевые наборы; оставшиеся наборы – единичные.

Заметим, что для вычисления 1- и 0-норм логической функции не обязательно находить единичные и нулевые наборы – нужно лишь найти их число. Последнее легко установить по виду СДНФ или СКНФ функции; число конъюнкций в СДНФ есть число единичных наборов, а число дизъюнкций в СКНФ – число нулевых наборов.

**Метод решения.** Изложенный в п. 2 математический аппарат алгебры логики, вместе с хорошо разработанной методологией использования этого аппарата для проектирования цифровых вычислительных устройств [19], позволяют эффективно решить поставленную в п. 1 задачу разработки логико-алгебраической теории взаимодействия (конфликта и сотрудничества) двух или нескольких систем.

Рассмотрим две произвольные системы  $A_1$  и  $A_2$  одинакового назначения с одним и тем же числом элементов  $n$ , статическая математическая модель работы которых задается булевыми логическими функциями состояния  $y = f_1(x_1, \dots, x_n)$  и  $y = f_2(x_1, \dots, x_n)$ . Согласно п. 1, эти функции представляют собой статические математические модели соответствующих систем, выражая одномоментное состояние системы  $y$  в виде суперпозиции операций дизъюнкции, конъюнкции и отрицания над состояниями  $x_1, \dots, x_n$  элементов этой системы в тот же момент времени.

На базе двух заданных систем  $A_1$  и  $A_2$  с функциями состояния  $f_1$  и  $f_2$  построим теперь две новые системы. Функция состояния  $f_c$  первой системы  $A_c$  определяется как функция совпадения  $F$  функций состояния  $f_1$  и  $f_2$  заданных систем. Систему  $A_c$  назовем системой совпадения заданных систем  $A_1$  и  $A_2$ . Ее функция состояния  $f_c$  определяется в виде

$$N_0 + N_1 = 1 \quad (12)$$

и может быть вычислена через известные функции состояния  $f_1, f_2$  заданных систем  $A_1, A_2$  по формуле (9). Функция состояния  $f_p$  второй системы  $A_p$  определяется как функция

расхождения  $\Phi$  функций состояния  $f_1, f_2$  заданных систем. Систему  $A_p$  естественно назвать системой расхождения заданных систем  $A_1$  и  $A_2$ . Ее функция состояния  $f_p$  согласно сказанному определяется в виде

$$f_p = \Phi(f_1, f_2) \quad (13)$$

и может быть также найдена по известным функциям состояния  $f_1, f_2$  систем  $A_1, A_2$  с помощью формулы (9). Основные практически полезные свойства систем совпадения и расхождения можно сформулировать в следующем виде.

1. Система совпадения  $A_c$  систем  $A_1, A_2$  находится в состоянии 1 в тех и только тех случаях, когда обе системы  $A_1$  и  $A_2$  находятся в одинаковых состояниях – 0 или 1. Другими словами, функция состояния  $f_c$  системы  $A_c$  равна 1 в тех и только тех случаях, когда функции состояния  $f_1, f_2$  систем  $A_1$  и  $A_2$  имеют равные значения:  $f_1 = f_2 = 1$  или  $f_1 = f_2 = 0$ .

2. Система расхождения  $A_p$  двух систем  $A_1, A_2$  находится в состоянии 1 в тех и только тех случаях, при которых системы  $A_1$  и  $A_2$  находятся в различных состояниях:  $A_1$  – в состоянии 1,  $A_2$  – в состоянии 0 или наоборот. Иными словами, функция состояния  $f_p$  системы расхождения  $A_p$  равна 1 в тех и только тех случаях, когда функции состояния  $f_1, f_2$  систем  $A_1, A_2$  принимают противоположные значения:  $f_1 = 1, f_2 = 0$  или  $f_1 = 0, f_2 = 1$ .

Приведенные свойства позволяют свести количественное изучение отношений двух систем (сотрудничества или конфликта) к количественному изучению свойств одной системы, а именно системы совпадения двух указанных систем или системы их расхождения.

Пусть доля всех наборов аргументов  $(x_1, \dots, x_n)$ , на которых логические функции состояния  $f_1(x_1, \dots, x_n)$  и  $f_2(x_1, \dots, x_n)$  двух рассматриваемых систем  $A_1$  и  $A_2$  принимают различные значения, равна  $q$ . Тогда доля всех наборов аргументов, на которых эти функции принимают одинаковые значения, равна  $r = 1 - q$ . Введем некоторое пороговое значение  $q^*$  величины  $q$ , достаточно близкое к 1 (например,  $q^* = 0,7$  или  $0,8$  или  $0,9$  и т.д.) и аналогичное пороговое значение  $r^*$  величины  $r$ . Будем говорить, что системы  $A_1$  и  $A_2$  находятся в отношении конфликта, если фактическое значение показателя  $q$  удовлетворяет условию

$$q > q^* \quad (14)$$

и что системы  $A_1$  и  $A_2$  находятся в отношении сотрудничества, если фактическое значение показателя  $r$  удовлетворяет условию

$$r = 1 - q > r^* \quad (15)$$

Таким образом, две системы считаются по определению конфликтующими, если доля случаев  $q$ , для которых эти системы находятся в противоположных состояниях (одна в состоянии 1, другая в состоянии 0), превышает пороговое значение  $q^*$ , близкое к единице. Аналогично, две системы считаются по определению находящимися в состоянии сотрудничества, если доля случаев  $r$ , для которых системы находятся в одинаковых состояниях (обе в состоянии 1 либо в состоянии 0), превышает пороговое значение  $r^*$ , близкое к единице.

Понятия конфликта и сотрудничества двух систем, введенные выше, можно обобщить следующим образом. Пусть  $q$  – доля всех наборов аргументов, на которых логические функции состояния  $f_1, f_2$  двух систем  $A_1, A_2$  принимают различные (противоположные) значения, а  $r = 1 - q$  – доля наборов аргументов, на которых эти функции принимают

одинаковые значения. Тогда можно говорить, что системы  $A_1$  и  $A_2$  в степени  $q$  находятся в состоянии конфликта и в степени  $r = 1 - q$  – в состоянии сотрудничества.

Введенное таким образом более общее определение конфликта и сотрудничества систем отличается от предыдущего не только количественно – в нем нет количественных требований к параметрам систем  $q$  и  $r$ , но и качественно, поскольку по нему системы могут одновременно и конфликтовать, и сотрудничать. Если же параметры систем  $q$  и  $r$  удовлетворяют требованиям (14) и (15), данное общее определение переходит в предыдущее.

Теперь можно дать общий, полностью формализованный алгоритм вычисления с помощью логико-алгебраического аппарата показателей конфликта и сотрудничества систем.

**Шаг 1.** Для двух заданных систем  $A_1, A_2$ , имеющих логические функции состояния соответственно  $f_1, f_2$ , строим систему совпадения  $A_c$ . Построение заключается в вычислении функции состояния  $f_c = F(f_1, f_2)$  системы  $A_c$  путем использования аналитического или табличного алгоритмов, изложенных в п. 2.

**Шаг 2.** Подсчитываем 1-норму  $N_1^c$  функции состояния  $f_c$  системы совпадения  $A_c$  заданных систем  $A_1, A_2$ . Для этого используем соответствующий табличный или аналитический алгоритмы, изложенные в п. 2. Согласно вышесказанному, вычисленное значение  $N_1^c$  равно доле случаев  $r$  (доле от числа всех наборов аргументов), в которых функции состояния  $f_1, f_2$  двух рассматриваемых систем  $A_1, A_2$  принимают одинаковые значения.

**Шаг 3.** Выбираем пороговое значение  $r^*$  параметра  $r$ , близкое к 1. Тогда, если  $r > r^*$ , объявляем системы  $A_1, A_2$  находящимися в отношении сотрудничества. При  $r < 1 - r^*$  считаем системы  $A_1, A_2$  находящимися в отношении конфликта. Если же  $1 - r^* \leq r \leq r^*$ , то  $A_1, A_2$  объявляем нейтральными друг к другу.

**Шаг 4** (используется вместо шага 3 при более широком понимании конфликта и сотрудничества двух систем). Объявляем изучаемые системы  $A_1$  и  $A_2$  находящимися в отношении сотрудничества на величину показателя  $r$  и одновременно в отношении конфликта на величину показателя  $q = 1 - r$ .

Можно также построить алгоритм анализа отношения двух систем  $A_1, A_2$  с логическими функциями состояния соответственно  $f_1, f_2$  на базе системы расхождения  $A_p$ . Данный алгоритм строится путем вычисления логической функции состояния  $f_p = \Phi(f_1, f_2)$  системы  $A_p$  с помощью аналитического или табличного алгоритмов, изложенных в п. 2. Такой алгоритм анализа содержит те же 4 шага, что и предыдущий алгоритм, и отличается лишь тем, что вычисляемая в нем на втором шаге 1-норма  $N_1^p$  функции состояния  $f_p$  показывает долю случаев  $q$  (долю от числа всех наборов аргументов), в которых функции состояния  $f_1, f_2$  рассматриваемых систем  $A_1, A_2$  принимают различные (противоположные) значения. Показатель  $q$  связан с показателем  $r$ , по которому анализировалось отношение систем  $A_1, A_2$  в предыдущем алгоритме, формулой  $q = 1 - r$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фишер Р., Юри У. Путь к согласию или переговоры без поражения. – М.: Наука, 1992.
2. Нейман Дж., Моргенштерн О. Математическая теория игр. – М.: Наука, 1970.

3. Сысоев В.В. Конфликт. Сотрудничество. Независимость. Системное взаимодействие в структурно-параметрическом представлении. – М.: Изд-во Московской академии экономики и права, 1999.
4. Светлов В.А. Аналитика конфликта. – СПб.: Росток, 2001.
5. Дружинин В.В., Конторов Д.С., Конторов М.Д. Введение в теорию конфликта. – М.: Радио и связь, 1989.
6. Левин В.И. Математическое моделирование социально-экономических процессов (автоматно-логические методы и модели). – Пенза: Изд-во Пензенского технологического института, 1997.
7. Левин В.И. Теория автоматов и моделирование сложных систем. – Пенза: Изд-во Пензенского государственного технического университета, 1995.
8. Левин В.И. Автоматное моделирование в социологии: анализ группового поведения // Гуманитарные науки и современность. Вып. 1. Часть 2. – Пенза: Изд-во Пензенского государственного технического университета, 1995.
9. Левин В.И. Автоматные модели и методы в политологии: анализ поведения политических систем // Гуманитарные науки и современность. Вып. 2. – Пенза: Изд-во Пензенского государственного технического университета, 1996.
10. Левин В.И. Динамический автомат как модель динамического поведения социальных групп // Гуманитарные науки и современность. Вып. 3. – Пенза: Изд-во Пензенского государственного технического университета, 1997.
11. Левин В.И. Математическое моделирование систем с помощью динамических автоматов // Информационные технологии. – 1997. – № 9.
12. Левин В.И. Анализ социальных групп с помощью автоматной модели // Гуманитарные науки и современность. Вып. 4. – Пенза: Изд-во Пензенского государственного технического университета, 1998.
13. Левин В.И. Автоматная модель определения возможного времени проведения коллективных мероприятий // Известия РАН. Теория и системы управления. – 1999. – № 3.
14. Левин В.И. Автоматное моделирование коллективных мероприятий // Автоматика и телемеханика. – 1999. – № 12.
15. Левин В.И. Математическое моделирование потока исторических событий методами теории автоматов // Гуманитарные науки и современность. Вып. 5. – Пенза: Изд-во Пензенского государственного технического университета, 1999.
16. Левин В.И. Автоматное моделирование исторических процессов на примере войн // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – 2002. – № 12.
17. Левин В.И. Автоматное моделирование процессов возникновения и распада коллектива // Кибернетика и системный анализ. – 2003. – № 3.
18. Левин В.И. Логико-математическое моделирование занятости // Импликативная алгебра выбора и непрерывная логика в прикладных задачах науки и техники. Труды Международной конференции «Континуальные алгебраические логики, исчисления и нейроматематика в науке, технике и экономике». Т. 2. – Ульяновск: Изд-во Ульяновского гос. технического университета, 2002.
19. Поспелов Д.А. Логические методы анализа и синтеза схем. – М.: Энергия, 1974.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗЕМСНАРЯДОВ ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПУЛЬПЫ**

Маслов В.А.

Одесский национальный морской университет  
(Украина)

**Введение.** В условиях эксплуатации судов дноуглубительного флота особое значение приобретает вопрос о том, какая технология обработки грунта используется при проведении дноуглубительных работ. В этом случае определяющими вопросами являются используемая конструкция судна, технология выемки и обработки грунта, а также способы транспортирования пульпы к месту ее складирования. Качество их решения напрямую оказывает влияние на макроэкономические показатели регионов, расположенных вдоль водного бассейна, где проводятся работы по увеличению фарватера, и на показатели рентабельности дноуглубительных компаний или судов, участвующих в выемке грунта [2].

В ходе выполненных научно-исследовательских работ была решена проблема оптимизации процесса обезвоживания грунтонесущей пульпы при работе земснаряда фрезерного типа. Основная задача заключалась в получении оптимальной концентрации воды в пульпе путем модернизации технологической линии земснаряда от места выемки грунта (отвальной фрезы) до места его вывалки (выпускная труба земснаряда или начало рефулерного грунтопровода). Целью подобных работ являлась модернизация земснаряда без проведения дорогостоящих операций по изменению конструкции судна или его составных узлов на линии транспортирования пульпы.

**Результаты исследований.** Проведенный анализ свойств грунтов, разрабатываемых на территории водного бассейна Украины, показал, что целесообразно использовать их стандартную классификацию, базирующуюся на гранулометрическом составе, прилипаемости и прочности. Эти технологические параметры напрямую определяются плотностью и консистенцией грунта в условиях его естественного залегания.

В практике эксплуатации земснарядов основными способами добычи и подъема грунта является использование гидравлических грунтозаборных устройств, фрезерной или черпаковой техники и различных узлов, работающих на принципах механико-силового разрушения грунта (взрыв, удары свай и т.п.) с его последующей эжекцией. Первые два способа используются наиболее часто, и по этой причине фрезерный способ разработки грунта был принят базовым при проведении научно-исследовательских работ.

Анализ фрезерных земснарядов позволил сделать однозначный вывод – повышение КПД работы земснаряда может быть достигнуто только путем изменения технологии разработки и транспортирования пульпы. Уменьшение удельной концентрации воды в пульпе при прочих равных условиях приводит к росту самого главного рабочего показателя – производительности земснаряда. Концентрация воды в транспортируемой пульпе напрямую определяет стоимость проведения дноуглубительных работ и сложность используемой технологической схемы транспортировки.

При проведении исследований рассматривались два вида грунта – илы и мелкозернистые заиленные пески. Они характеризуются малыми значениями объемного веса. При попадании в трюм частицы обоих видов грунта осаждаются очень медленно, что напрямую указывает на влияние концентрации воды в трюме на консистенцию транспортируемого грунта и ослабление процессов его уплотнения. Одним из способов устранения этого недостатка может быть разработанная в ходе исследований новая технология по отбору из пульпы избыточной воды. Она базируется на использовании комбинированного способа сепарирования воды и грунта и объединяет в себе наиболее просто реализуемые технические решения, а именно:

- использование гидромеханических характеристик движущейся смеси грунта с водой для первичного отбора не связанной с грунтом воды;
- механический отжим пульпы для получения нужного остаточного содержания воды в грунте;
- аэрирование грунта с получением его равномерной консистенции на выходе из сепаратора.

Разработанная технологическая схема сепарации грунтовой пульпы показана на рисунке 1. Основная энергия, необходимая для работы сепарационной установки, передается грунтовой пульпе при ее подъеме на борт судна грунтовым насосом 1. По подводящему грунтопроводу 2 пульпа поступает в циклонную камеру установки, где за счет вращения потока происходит первичное разделение воды и грунта. В верхней центральной части циклона по трубопроводу отвода сепарированной воды 4 за счет работы вспомогательного насоса 5 происходит отбор осветленной пульпы. Из нижней части циклона грунт с остаточной водой попадает в узел механического отжима 6. Его основными элементами являются вращающийся на малых оборотах винт и жесткие стенки корпуса. За счет регулирования проходного рабочего сечения узла 6 и числа оборотов отжимного винта возможно управлять главными характеристиками установки – ее производительностью и концентрацией остаточной воды в сепарируемом грунте.

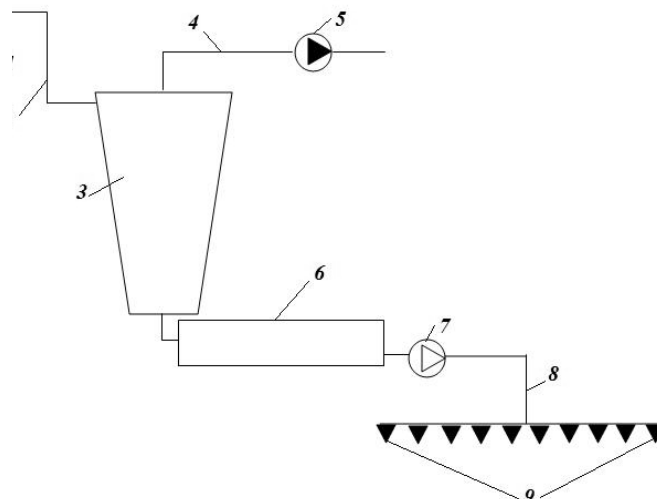


Рисунок 1 – Принципиальная схема установки сепарации пульпы: 1 – судовой грунтовой насос; 2 – подводящий грунтопровод; 3 – циклонная камера; 4 – трубопровод отвода сепарированной воды; 5 – вспомогательный насос; 6 – узел механического отжима; 7 – компрессор высокого давления; 8 – пневмолиния; 9 – распылительные сопла

В ходе теоретических исследований с использованием известной в теории подобия  $\pi$ -теоремы [1, 3] были сформулированы основные условия моделирования процесса гидродинамического разделения пульпы на составляющие. Главным неизвестным параметром в такой задаче является объемный расход отбираемой воды  $Q$ .

Процесс движения пульпы с закруткой в циклоне определяется набором следующих физических величин: угловой скоростью потока в циклоне  $V$ , плотностью пульпы  $\rho$ , ее вязкостью  $\mu$ , углом конусности циклона  $\alpha$ , высотой циклона  $h$ , выходным диаметром циклона  $d$ . Путем сопоставления размерности указанных величин их комбинация была записана в общем виде

$$Q = f(V, \rho, \mu, \alpha, h, d). \quad (1)$$

При рассмотрении функциональной зависимости (1) было установлено, что для моделирования процесса гидродинамической сепарации грунта необходимо всегда удовлетворять равенства:



- угла раствора циклона рабочей камеры сепарационной установки;
- отношения высоты циклона рабочей камеры сепарационной установки к ее выходному диаметру;
- степенного отношения кинематической вязкости пульпы к скорости ее подачи.

Эти условия моделирования в виде критериев подобия имеют вид:

$$\frac{h}{d} = idem; \alpha = idem; \frac{\sqrt[7]{\nu^4}}{V^7} = idem. \quad (2)$$

При составлении математической модели закрутки потока в циклоне сепарационной установки движение частиц грунта рассматривалось как сумма переносного движения в составе выделенного элементарного объема пульпы и относительного движения внутри этого объема. Относительное движение вызывается проявлением силы тяжести в потоке, а его скорость принималась равной скорости осаждения частицы грунта под действием только одной силы тяжести  $W$ .

В ходе исследований была принята гипотеза о том, что взвешенная частица грунта принимает скорость элементарного объема за время, намного меньшее, чем время, за которое она этим объемом переносится. На основании этой гипотезы было определено время релаксации  $t$  – время, при котором частица грунта приобретала скорость переносящего ее жидкого объема.

При рассмотрении падения частицы грунта в неподвижной воде (ось  $z$  направлена вниз) уравнение ее движения (седиментации) имеет вид

$$ma = mg - F_z \quad (3)$$

где  $m$  – масса частицы грунта, кг;  $g$  – ускорение свободного падения,  $m^2/c$ ;  $F_z$  – сила сопротивления, действующая со стороны жидкости на частицу,  $H$ .

Если учитывать падение в жидкости частиц крупного фракционного состава, для которых выполняется закон квадратичного сопротивления

$$F_z = k_2 ma, \quad (4)$$

то скорость падения частицы в соответствии с решением уравнения (3) с использованием граничных условий [5] может рассчитываться как

$$V = W \cdot th \frac{g}{W} t. \quad (5)$$

Из уравнения (5) легко находится время релаксации, в течение которого крупная частица, начав двигаться из состояния покоя под действием силы тяжести, приобретет скорость  $0,95W$ . Оно имеет вид

$$t = 1,8 \frac{W}{g}. \quad (6)$$

Количество частиц грунта, сепарируемых внутри рабочей камеры циклона, определялось с учетом величины радиального (перпендикулярного к оси вращения пульпы) смещения одиночной твердой частицы при движении по кольцевому каналу. При составлении математической модели было принято допущение о равенстве полной скорости потока пульпы тангенциальной составляющей скорости частиц грунта  $V_r$ . Радиальное смещение частиц грунта со скоростью  $V_r$  встречает противодействие от силы сопротивления вращающейся пульпы. Эта сила согласно формуле Стокса рассчитывается как

$$F_x = 3\pi\mu V_r d, \quad (7)$$

где  $d$  – диаметр частицы грунта,  $m$ .

Из-за силы сопротивления частицы грунта начинают двигаться по криволинейной траектории, степень кривизны которой определяется массой частицы и вязкостью пульпы. В этом случае частица грунта, выходя на криволинейную траекторию, приобретает

центростремительное ускорение, соответствующее силе  $F_r = \frac{\pi}{6R_z} V_r^2 \rho_{\text{ад}} d^3$

$$F_r = \frac{\pi}{6R_{\tau}} V_{\tau}^2 \rho_{\text{ад}} d^3, \quad (8)$$

где  $R_{\tau}$  – радиус кривизны траектории движения частицы, м.

Из равенства сил сопротивления и центростремительного ускорения можно найти скорость движения частицы в радиальном направлении

$$V_r = \frac{V_{\tau}^2}{18R_{\tau}} \rho_{\text{ад}} \frac{d^2}{\mu}, \quad (9)$$

Считая, что радиус кривизны траектории частицы  $R_{\tau}$  соответствует радиусу окружности, у которой центр совпадает с осью симметрии циклона, можно найти время прохождения частицей грунта пути  $L = \pi R_{\tau}$

$$\dot{O} = \frac{L}{V_r}, \quad (10)$$

Значения  $T$  фактически соответствуют времени, при котором частица грунта в циклоне смещается от оси его симметрии к стенкам, а величину радиального смещения частицы грунта за это время можно найти как

$$\Delta S = V_r T = \frac{V_{\tau}^2}{18R_{\tau}} \rho_{\text{ад}} \frac{d^2}{\mu} \frac{\pi R_{\tau}}{V_r} = \frac{\pi \rho_{\text{ад}}}{18\mu} V_{\tau} d^2. \quad (11)$$

В ходе расчетов для различных значений входной скорости потока в циклон было найдено изменение радиальной скорости движения грунта в различных сечениях циклона. Полученные результаты показаны на рисунке 2.

Характер изменения времени, за которое частицы грунта смещаются к стенкам циклона при различных значениях скорости подвода пульпы, можно увидеть на рисунке 3. Из графиков следует, что рост скорости подвода пульпы в циклон значительно сокращает процесс ее сепарирования. На графиках видно, что рабочие значения скорости подвода должны превышать величину 5 м/с, а оптимальное значение скорости входа пульпы в сепаратор равно 7 м/с. В этом случае максимальное время отделения грунта от воды в наибольшем поперечном сечении рабочей камеры циклона составляет всего 2 секунды.

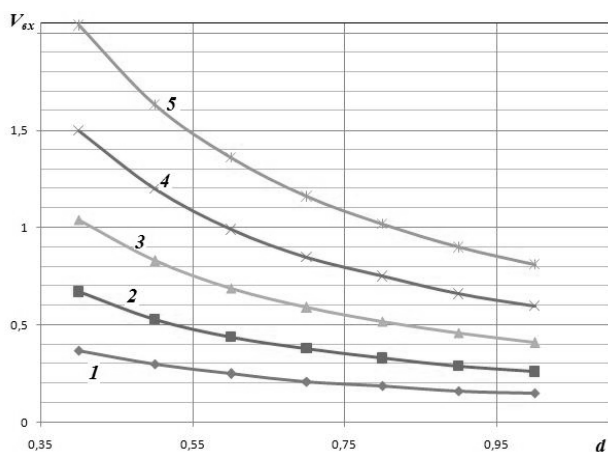


Рисунок 2 – Изменение радиальной скорости частиц грунта по высоте рабочей камеры циклона. 1 –  $V_{\text{вх}} = 3$  м/с; 2 –  $V_{\text{вх}} = 4$  м/с; 3 –  $V_{\text{вх}} = 5$  м/с; 4 –  $V_{\text{вх}} = 6$  м/с; 5 –  $V_{\text{вх}} = 7$  м/с.

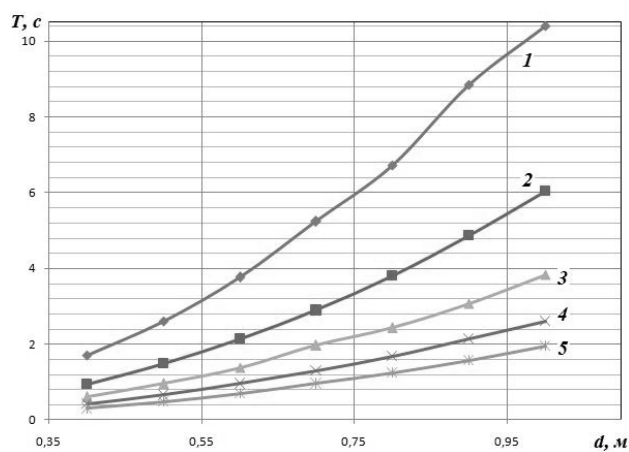


Рисунок 3 – Зависимость времени сепарации грунта от скорости подвода. 1 –  $V_{\text{вх}} = 3$  м/с; 2 –  $V_{\text{вх}} = 4$  м/с; 3 –  $V_{\text{вх}} = 5$  м/с; 4 –  $V_{\text{вх}} = 6$  м/с; 5 –  $V_{\text{вх}} = 7$  м/с.

Для разработанной конструкции судового узла сепарации грунта были выполнены натурные эксперименты, в ходе которых получен ряд новых результатов и сделаны выводы, позволившие сформулировать основные положения методики его

проектирования. Весь процесс измерений был автоматизирован, и при определении величины расхода величина суммарной среднеквадратичной погрешности составляла  $\delta_Q = 0,102\%$ , а при измерении эпюры давления по высоте рабочей камеры циклона  $\delta_{\Delta p} = 0,5\%$ .

При работе сепарационной установки очень важной является зависимость скорости вращения пульпы в циклоне от входного динамического напора. Динамический напор может быть изменен двумя способами:

1. Конструктивным – установкой сопловых аппаратов в месте соединения грунтопровода с рабочей камерой циклона.
2. Технологическим – путем регулирования напорной характеристики грунтового насоса.

Оба способа были исследованы, и полученные результаты можно увидеть на рисунках 4-5. На рис. 4 показана зависимость угловой скорости вращения от угла конусности  $\alpha$  соплового направляющего аппарата. При экспериментах угол  $\alpha$  изменялся с шагом  $1^\circ$  в диапазоне от  $20^\circ$  до  $30^\circ$ . Все сопловые насадки имели одинаковую длину  $l = 200$  мм и входной диаметр  $d_{вх} = 50$  мм. Внутренняя поверхность насадок за счет механической обработки была выполнена абсолютно гладкой. Эксперимент проводился при неизменном значении напора грунтового насоса  $H = 38$  м.в.ст.

Приведенная графическая зависимость однозначно указывает на оптимальные значения угла конусности сопловой насадки. На графике видно, что в диапазоне от  $20^\circ$  до  $26^\circ$  в идентичных условиях скорость вращения грунтовой пульпы равномерно увеличилась на 33%, а, начиная с угла конусности  $26^\circ$  ее значения изменялись мало в пределах, от 6,4 до 6,83 м/с.

В случае подачи пульпы в циклон без использования сопловых насадок скорость вращения определяется только напором грунтового насоса и, как видно на рис. 5, характер ее изменения становится иным. На графике можно выделить три характерных участка, каждый из которых характеризуется разным изменением скорости вращения.

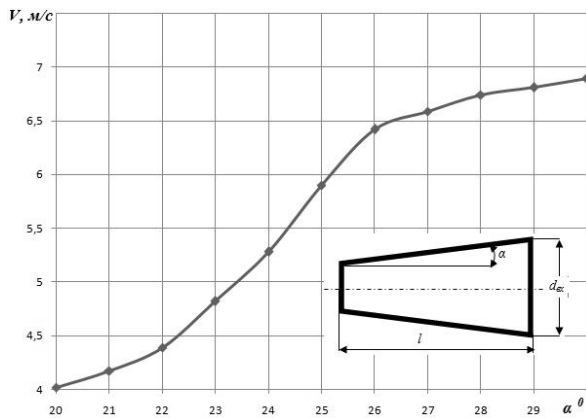


Рисунок 4 – Влияние угла конусности на скорость вращения

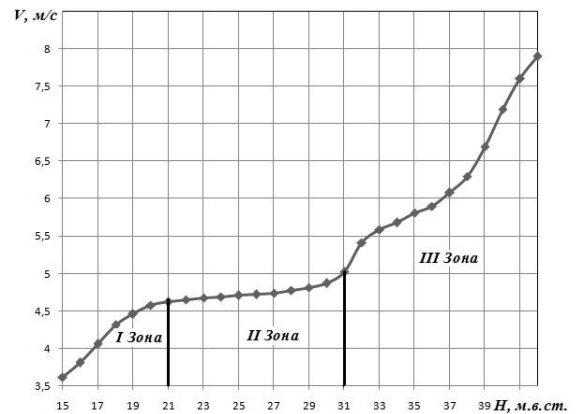


Рисунок 5 – Влияние напора на скорость вращения

Первая зона соответствует области начала вращения пульпы в рабочей камере циклона. Рост скорости в зависимости от напора может рассматриваться как линейный, а вращение пульпы происходит, как в случае однородной жидкости – без разделения фазовых компонент. В первой области процесс сепарации грунта практически не происходит.

Вторая область соответствует вращательному движению с проявлением в потоке сил вязкостного трения. Силы инерции частиц грунта преобладают над центробежными силами, и по этой причине, рост напора не приводит к значительному росту скорости вращения. На графике подобное постоянство скорости соответствует характерному плоскому участку. На рисунке видно, что изменение напора с 21 до 31 м.в.ст., т.е. на 47%, приводит к изменению скорости вращения пульпы всего на 8% от 4,6 до 5 м/с.

Третья зона может рассматриваться как основная зона сепарации грунта. Увеличение напора на 35 % приводит практически к двойному росту скорости вращения от 5 до 7,9 м/с.

Качество работы судовой установки сепарации грунтонесущей пульпы и в частности ее производительность по отделяемой воде, напрямую определяется напором потока пульпы на входе в нее. При проведении измерений была получена зависимость отношения расхода осветленной пульпы  $Q_e$  к общему расходу  $Q_n$  при изменении входного напора в установку. Она показана на рисунке 6, где также приведена графическая зависимость, описывающая качество получаемой осветленной пульпы. Как видно, в начале графика концентрация грунта в отобранной воде  $\varepsilon$  с ростом напора грунтового насоса падает. Свое минимальное значение она принимает при  $H=25$  м.в.ст., а затем начинает увеличиваться. Причиной роста является дополнительная турбулизация потока, приводящая к образованию крупномасштабного вихревого течения, в результате которого возникают процессы вторичного выбрасывания грунта от стенок циклона к его центральной части.

С технологической точки зрения особое внимание нужно уделять местам установки разработанного узла сепарации грунта на судне. В зависимости от требований к выходной концентрации воды в грунте возможно использовать два технологических решения. Они оба показаны на рисунке 7.

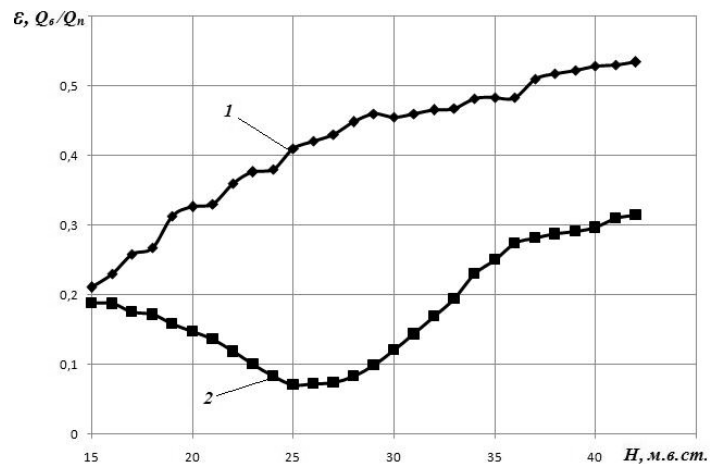


Рисунок 6 – Влияние напора судового насоса на производительность и качество очистки воды: 1 – отношение расхода осветленной пульпы  $Q_e$  к общему расходу  $Q_n$ ; 2 – относительная концентрация грунта в отделенной воде

Первый вариант (рис. 7-А) установки – палуба земснаряда. В этом случае остаточная концентрация воды должна быть не менее 30 % и грунт в последующем должен транспортироваться как обычная пульпа.

Второй вариант (рис. 7-Б) установки – палуба отдельного понтона, пришвартованного к земснаряду жесткой связью. В этом случае остаточная концентрация воды является минимальной (не более 20 %) и грунт должен складироваться в трюм баржи непосредственно на месте проведения дноуглубительных работ.

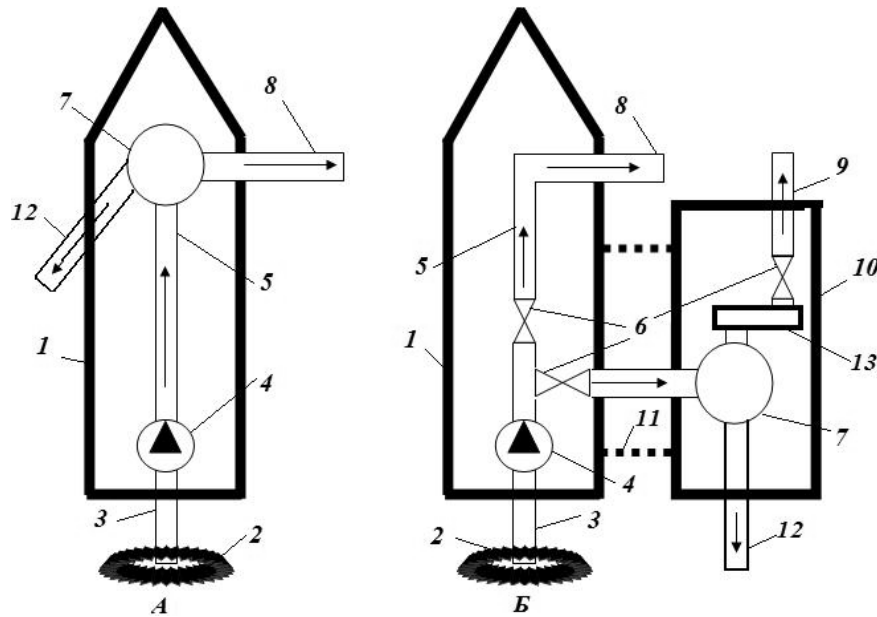


Рисунок 7 – Схемы установки узла сепарации:

*А* – установка на судне; *Б* – установка на отдельном понтоне

- 1 – земснаряд, 2 – фреза, 3 – всасывающий грунтотвод, 4 – грунтовой насос, 5 – судовой грунтотвод, 6 – запорно-регулирующая арматура, 7 – узел сепарации пульпы, 8 – рефулерный грунтотвод, 9 – лонгкулар или механический транспортер, 10 – понтон, 11 – механизмы швартовки, 12 – линия сброса отделенной воды, 13 – узел механического отжима

При эксплуатации разработанного судового сепаратора грунта предполагается полное автоматическое управление и контроль за основными параметрами сепарируемой пульпы и получаемых продуктов разделения – воды и грунта. Общая схема включения сепаратора в судовой напорный грунтотвод показана на схематическом рисунке 7-А. Ее основным предназначением является повышение производительности рефулерной системы грунтотвода 8. При такой технологии подключения узел сепарации грунтовой пульпы не должен содержать узел механического отжима 13.

При использовании второй схемы установки – на отдельном понтоне выходная концентрация воды в грунте после узла механического отжима 13 будет очень низкая, и одним из вариантов транспортирования грунта от судового сепаратора до трюма может являться лонгкулар (грунтоотводной лоток) 9. В своей работе это устройство использует принцип движения вязкопластичного потока за счет действия силы тяжести. Оптимальное значение угла наклона лотка соответствует диапазону  $25 - 33^{\circ}$ . Длину кулуара можно регулировать установкой модульных секций, имеющих в поперечном сечении стандартные геометрические формы – круглую, прямоугольную или полукруглую. Суммарная сила трения потока о стенки кулуара равна

$$F = \Pi l \tau, \quad (12)$$

где  $\Pi$  – смоченный периметр, м;  $l$  – длина стенки, м;  $\tau$  – касательное напряжение, Па.

Анализ выражения (12) показывает, что предпочтительными для стенок лонгкулуара являются круглая и полукруглая формы. При заданной площади они обладают меньшей величиной смоченного периметра по сравнению с прямоугольным каналом и, следовательно, оказывают меньшее сопротивление транспортируемому грунту.

#### Выводы.

1. Повышение КПД работы земснаряда можно достигнуть путем модернизации технологии обработки пульпы. Уменьшение удельной концентрации воды в пульпе при прочих равных условиях приводит к росту самого главного рабочего показателя – производительности земснаряда.

2. Основными параметрами, влияющими на качество предложенного метода сепарации, являются входной динамический напор, консистенция грунта в пульпе и вязкость самой пульпы.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Башта Т.М., Руднев С.С. и др. Гидравлика, гидромшины и гидроприводы. – М.: Изд-во Машиностроение, 1982. – 423 с.
2. Бородулин Я.Ф., Сущенко Б.Н. Дноуглубительный флот и дноуглубительные работы. – М.: Транспорт, 1973. – 432 с.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1973. – 847 с.
4. Яхно О.М., Коваль А.Д., Пищенко Л.И., Паскалов В.П., Яске Н.Н. Кавитация в переработке нефти. – К.: Світ, 1999. – 263 с.
5. Гиргидов А.Д. Турбулентная диффузия с конечной скоростью. – СПб.: СПбГТУ, 1996. – 260 с.

## **ІННОВАЦІЙНА МЕТОДИКА ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ ЛОКОМОТИВІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МОДЕЛЬНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ**

Матвієнко С.А.

Українська державна академія залізничного транспорту  
(Харків, Україна)

Залізничний транспорт традиційно є одним з найпотужніших споживачів енергетичних ресурсів. У структурі експлуатаційних витрат Укрзалізниці витрати на енергоносії сягають 16%. З них більше 80% витрачається на енергоносії для забезпечення тяги поїздів електричною енергією та дизельним паливом. Тому важливою задачею галузі є зниження споживання цих ресурсів при безумовному забезпеченні руху поїздів.

Витрати енергоносіїв на тягу залежать не лише від об'єктивних чинників (характеристик складу та інфраструктури), але й від суб'єктивних управлінських рішень, зокрема режимів ведення поїзда машиністом.

З метою вивчення всієї сукупності таких експлуатаційних чинників на ділянках залізниць виконують тягово-енергетичні випробування (ТЕВ). Під час випробувань визначають основні тягово-енергетичні параметри роботи локомотивів: струми та напруги у силових колах, параметри керування та дані про витрати енергоносіїв у залежності від пройденого шляху.

Однак, якщо в частині апаратного забезпечення ТЕВ в останній час намітився істотний прогрес (розширення кількості каналів вимірювань, можливість комп'ютерної обробки даних у режимі реального часу), то при аналізі результатів вимірювань пошуку енергетично ефективних режимів водіння поїздів не приділяється достатньо уваги. Крім того, існуючі методики ТЕВ не дозволяють забезпечити необхідну точність результатів, оскільки для цього потрібна значна кількість дослідних поїздок із фіксованими режимами та умовами випробувань, що призводить до практично неприйнятної підвищення вартості та тривалості випробувального циклу.

У якості шляху вдосконалення ТЕВ визначено доповнення натурних випробувань обчислювальними експериментами із моделлю ТЕВ. Пропонована структура модельних випробувань складається з трьох модулів.

Перший модуль забезпечує проведення натурних ТЕВ та опрацювання результатів вимірювань. Ключовими тут є перерахунок вимірних сигналів на значення відповідних параметрів, визначення сили тяги, загальних характеристик дослідної поїздки (таких як профіль колії, сумарні витрати палива та електроенергії), статистична обробка даних, а також формування звітів за поїздками.

Ідеальна модель формується паралельно у другому модулі, де відбувається її адаптація до конкретного виду тяги, а також визначаються закони зміни експлуатаційних факторів та випадкових чинників. Взаємодія першого та другого модулів забезпечує коригування ідеальної моделі поїзда відповідно до його фактичних характеристик, отриманих за даними натурних випробувань (зміна тягового зусилля, сил опору та гальмування тощо). Критерієм оцінки адекватності коригування є порівняння тягового (розрахованого за результатами вимірювань) та фактичного профілів ділянки.

Точність коригування оцінювалася шляхом порівняння розрахованих на моделі витрат енергоносіїв на тягу та часу ходу ділянкою із даними натурних вимірювань. При цьому траєкторія руху розраховувалася для режимів керування, реалізованих під час дослідної поїздки, отже вхідні керуючі дії на модель та реальний об'єкт (поїзд) збігалися. Встановлено, що результати розрахунків за скоригованою моделлю мали розбіжність із даними натурних вимірювань у межах 1,5%, що є прийнятною з практичної точки зору точністю; для тих самих режимів керування розрахунки за ідеальною (нескоригованою)

моделлю давали розбіжність понад 5% за витратами енергоносіїв (головним чином, у бік збільшення) та 7% за часом ходу.

У третьому модулі відповідно до мети конкретних випробувань виконуються статистичні експерименти зі скоригованою моделлю ТЕВ. При кожному розрахунку будується оптимальна траєкторія руху поїзда, отримана методом динамічного програмування; обчислювальні експерименти виконуються багаторазово при варіюванні експлуатаційних параметрів. У результаті розрахунків отримують залежності витрат паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) від часу руху поїзда за окремими перегонами, встановлюють оптимальний розподіл перегінних часів ходу, оцінюють стійкість прийнятого керування. Ці дані є вихідними для розрахунків з нормування витрат ПЕР на тягу поїзда на ділянці випробувань.

Використання модельного підходу при проведенні ТЕВ за такою схемою дозволить відмовитися від зайвих натурних поїздок. Суттєвим фактором економії можна вважати також впровадження оптимальних режимів керування поїздом: скорочення витрат тягових ПЕР можна оцінити в межах 4...10% у залежності від характеристик конкретної ділянки. Крім того, за рахунок моделювання покращується якісний рівень ТЕВ, оскільки за експериментами на моделі можна виявити конкретні режими та ділянки, які потребують додаткового вивчення під час натурних поїздок.



## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КВАНТУВАННЯ ГОЛОСУ ДЛЯ ІННОВАЦІЙ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

Нефьодов Л.І., Кривенко С.А., Мусієнко Є.М.  
Харківський національний автомобільний університет  
(Україна)

**Вступ.** Верховною Радою України (Відомості Верховної Ради (ВВР), 1994, № 33, ст. 306) ратифіковано Статут і Конвенцію Міжнародного Союзу Електрозв'язку (ITU), які передбачають стандартизацію електрозв'язку на всесвітній основі. Складність сучасних мереж на автомобільному транспорті вимагає, щоб при плануванні передачі багато параметрів не тільки враховувалися індивідуально, але також враховувалися дії їх комбінацій. У рекомендації ITU-T G.107 (03/2005) запропонована відповідна E модель, яка розроблена Європейським інститутом стандартів зв'язку (ETSI). Оцінка і поліпшення алгоритму E моделі залишені інститутом ITU-T для подальшого вивчення. Рекомендацією передбачено, що нові результати будуть включені, як тільки вони стануть доступними. У рекомендації ITU-T G.113 (12/1998) визначаються параметри Ie-eff якості відновлених мовних сигналів бездротових телекомунікаційних систем, у тому числі при застосуванні інформаційних технологій квантування голосу для інновацій на автомобільному транспорті.

**Актуальність теми.** Актуальність теми доводить факт завершення в грудні 2010 року розробки комплексу відповідних специфікацій Європейським інститутом стандартів зв'язку (3GPP TS 46.010 Release 10, 3GPP TS 46.053 Release 10, 3GPP TS 26.073 Release 10), які визначають необхідність застосування інформаційних технологій квантування голосу для інновацій у мобільному зв'язку.

**Постановка задачі.** Об'єктом дослідження є процеси кодування і декодування голосових сигналів у бездротових телекомунікаційних системах мобільного зв'язку. Предмет дослідження – це інформаційна технологія квантування голосу.

На основі аналізу останніх досліджень і публікацій за темою виділено дві основні групи методів відновлення голосових сигналів на основі рекурсії Шура та Чебишева [1]. Проведено аналіз методів кодування голосових інформаційних сигналів. Виділено невирішену раніше частину загальної проблеми підвищення швидкодії шляхом зменшення складності обчислень при формуванні кодованого кадру мови (20 мс) у відповідності до математичної теорії зв'язку К. Шенона. У відомих роботах [2, 3] отримано якість за шкалою MOS 2,5 та 3,2 для швидкості передавання 4,8 кбіт/с. При цьому складність обчислення склала 12,35 мільйона операцій. Це не відповідає сучасним вимогам.

Метою дослідження є підвищення швидкодії шляхом зменшення складності обчислень при формуванні кодованого кадру. Критерієм ефективності методу визначено мінімізацію кількості операцій при фіксованому об'єктивному показнику якості, який формується за методом MOS.

**Результати досліджень.** Для розв'язання цієї задачі застосовано метод дискретного вейвлет перетворення. Голосовий сигнал, що спостерігається, можна представити у вигляді послідовності  $\{X_0, X_1, \dots, X_{m-1}\}$ . Треба передбачити значення  $X_m$ . Кодування голосу із застосуванням лінійного передбачення тісно пов'язане із наступними проблемами:

- визначення передбачення за один крок у формі  $\tilde{X}_m = p(X_0, \dots, X_{m-1})$ ;
- визначення лінійного передбачення за один крок у формі  $\tilde{X} = -\sum_{i=1}^m a_i X_{m-i}$ ;
- знаходження функції стиснення, яка найкращим чином моделює множину  $X^m$  з  $m$  елементів;

- визначення найкращої оцінки спектральної щільності енергії або коваріації випадкового процесу, що лежить в основі голосу.

Вирішення цих проблем необхідне для того, щоб отримати голос з високим ступенем стиснення та достатньої якості для розуміння мови та розпізнання голосу. Наприклад, відтворення форми сигналу або використання моделі для синтезу.

Існує багато літератури, пов'язаної з даними питаннями в контексті голосу, і всі вони тісно пов'язані. Наприклад, класичний огляд Д. Макхоула та класична книга авторів Дж. Д. Маркела та А. Х. Грея [4, 5].

При вирішенні першого питання потрібно визначити критерій оптимальності. На сьогодні для кодування голосу використовується критерій мінімуму математичного

очікування квадрату різниці між оригінальним та синтезованим сигналом  $E[(X_m - \tilde{X}_m)^2]$ .

У результаті передбачення за один крок визначається у вигляді  $\tilde{X}_m = E[X_m / X^m]$ .

Середньо-квадратичне відхилення

$$MMSE = a_m = \sigma^2. \quad (1)$$

Якщо сигнал, який представлений множиною  $X^{m+1}$  є гаусовим,

$$E[X_m | X^m] = (a_{m-1}, \dots, a_2, a_1)^T X^m, \quad (2)$$

де

$$(a_{m-1}, \dots, a_2, a_1)^T = (r_{m,0}, r_{m,1}, \dots, r_{m,m-1}) R_m^{-1}, \quad (3)$$

$$a_m = |R_{m+1}| / |R_m| \quad (4)$$

Тут  $r_{ij}$  – кореляція сигналу.

$$r_{ij} = E[X_i X_j], \quad R_n = \|r_{ij}\|, i, j = 0, 1, \dots, n-1, \quad (5)$$

Отриманий за допомогою лінійного передбачення сигнал

$$\tilde{X}_m = -\sum_{i=1}^m a_i X_{m-i}. \quad (6)$$

Його середньоквадратичне відхилення

$$MSE = a^t R_{m+1} a, \quad (7)$$

де  $a \triangleq (a_0 = 1, a_1, \dots, a_m)^T$ , незалежно, є сигнал Гаусовим чи ні.

Значення  $a$  для лінійного передбачення (Linear Prediction, LP) дорівнює  $\operatorname{argmin}_{a: a_0=1} a^T R_{m+1} a$ .

Існує декілька методів знаходження коефіцієнтів  $a$ . Серед них найбільш відома декомпозиція Голескі (метод коваріацій) та рівняння Тепліца із алгоритмом Левінсона-Дарбіна для його вирішення (метод автокореляцій).

У розробленому методі параметри короткострокового передбачення формуються наступним чином. Коефіцієнти автокореляції  $r(k)$  для вхідної цифрової послідовності розраховуються за формулою

$$r(k) = \sum_{n=k}^{239} s(n)s(n-k), \quad k = 0, \dots, 10, \quad (8)$$

Коефіцієнти  $a(k)$  фільтру лінійного передбачення формуються на основі розв'язання за алгоритмом Левінсона-Дарбіна системи рівнянь

$$r(i) = \sum_{k=1}^{10} a(k)r(|i-k|), \quad i = 1, \dots, 10, \quad (9)$$

Процес кодування голосового сигналу полягає в знаходженні коефіцієнтів лінійного передбачення та отриманні помилки передбачення. Оцінка сигналу знаходиться за критерієм найменших квадратів.

$$\tilde{X}_m = -\sum_{i=1}^m a_i X_{m-i}, \quad (10)$$

Схематично процес кодування показано на рис. 1.

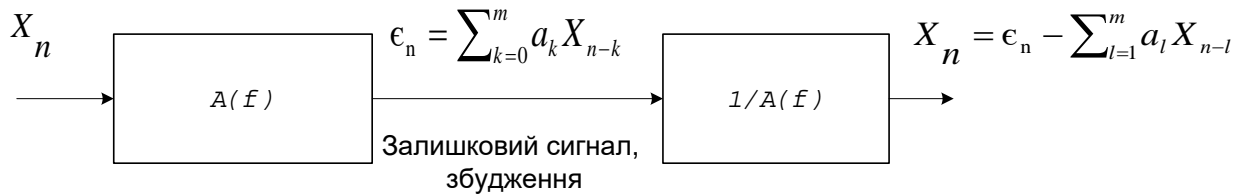


Рисунок 1 – Схема процесу кодування голосу

Сигнал  $X_n$  проходить крізь фільтр лінійного передбачення, в результаті чого формується залишковий сигнал або збудження. Фільтр  $A$  вибирається таким, щоб помилка передбачення була якнайбільш білою.

На рис. 2 зображена авторегресійна модель кодування голосу.

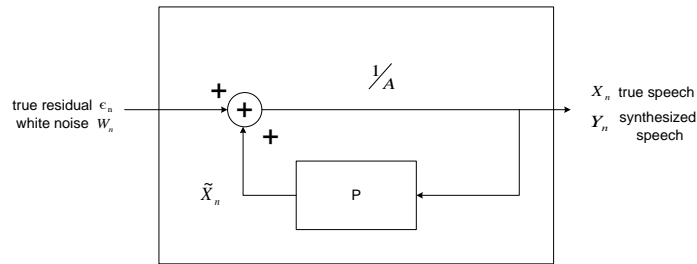


Рисунок 2 – Авторегресійна модель творення голосу

Однією з переваг даної моделі є простота: ніяких деталей оцінки голосу.

Нижче на рис. 3 зображена класична схема синтезу голосу із зміною між білим шумом та послідовністю імпульсів.

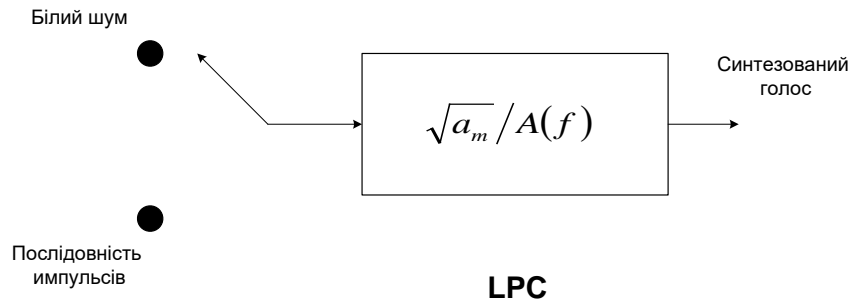


Рисунок 3 – Схема синтезу голосу

Для кодування голосу потрібно оцінити автокореляцію спостережених даних, знайти модель лінійного передбачення ( $a_m, A$ ). Кодування можливе, коли фінальна модель вибрана із дискретної послідовності, тобто параметрів квантування або вектору параметрів. Це принцип роботи класичних модулів кодування та декодування.

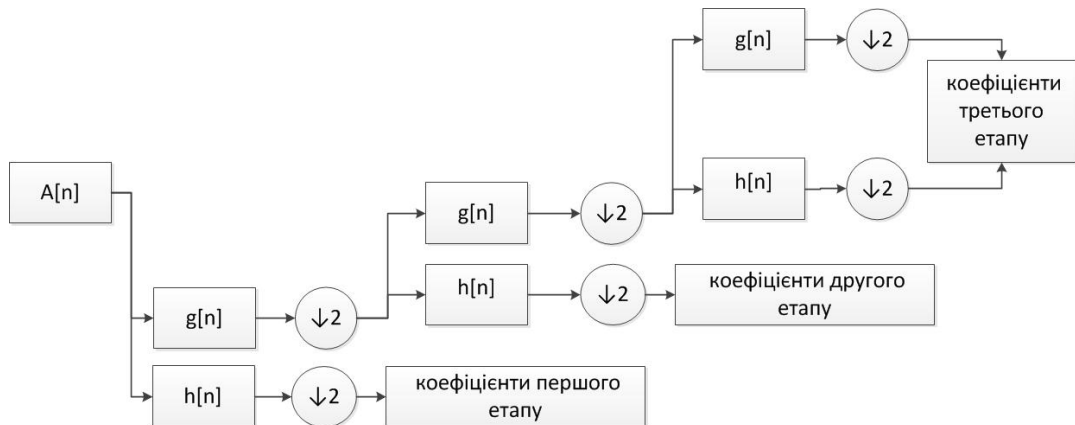


Рисунок 4 – Схема квантування коефіцієнтів лінійного передбачення

Пропонується наступний метод квантування коефіцієнтів лінійного передбачення.

За основу прийняте швидке вейвлет перетворення Хаара для послідовності порядку  $m = 8$ . При цьому перетворення здійснюється за три етапи. На кожному етапі здійснюється метод, схема якого наведена на рис. 4.

Розглянемо етапи цієї схеми, тобто як формуються коефіцієнти деталізації та апроксимації.

Етап 1. На першому етапі формуються перші чотири коефіцієнта деталізації.

Коефіцієнти фільтра верхніх частот  $h[n]$  дорівнюють  $-1, 1$ . При цьому коефіцієнти поліному  $A[n]$  перетворюються на коефіцієнти поліному  $f_2(i)$ ,  $i = 0, 1, 2, 3$ , за допомогою рекурсивних рівнянь

$$f_2(i + 1) = a_{i+1} - a_{m-i} + f_2(i), \quad (11)$$

Коефіцієнти апроксимації, які формуються на виході фільтру нижніх частот з імпульсною характеристикою  $g[n] = 1, 1$ , застосовуються в рекурсії для формування коефіцієнтів поліному  $f_1(i)$

$$f_1(i + 1) = a_{i+1} + a_{m-i} - f_1(i), \quad (12)$$

Ці коефіцієнти визначають поліном

$$F_1(z) = \hat{F}_1(z)/(1 + z^{-1}),$$

$$F_2(z) = \hat{F}_2(z)/(1 - z^{-1}) \quad (13)$$

Який пов'язаний із поліномом

$$F_1(z) = A(z) + z^{-9}A(z^{-1}),$$

$$F_2(z) = A(z) - z^{-9}A(z^{-1}) \quad (14)$$

Косинуси  $q_i$  частот спектральних ліній є дійсною частиною коренів поліномів.

$$F_2(z) = \prod_{i=2,4,6,8}(1 - 2q_i z^{-1} + z^{-2}), \quad (15)$$

Пошук коренів виконується для косинусів  $q_i$  частот спектральних ліній. Для цього поліноми перетворюються в формулу на основі поліномів Чебишева  $m$ -го порядку  $T_m(x)$

$$C(x) = T_4(x) + f(1)T_3(x) + f(2)T_2(x) + f(3)T_1(x) + f(4)/2, \quad (16)$$

Множина з чотирьох частот спектральних ліній з парними номерами кодується за допомогою індексів розщепленої матриці. Це дозволяє суттєво скоротити об'єм кодової книги та обчислювальну складність.

Етап 2. На другому етапі формуються наступні два коефіцієнти деталізації. Ці коефіцієнти застосовуються в рекурсії для формування коефіцієнтів поліному  $f_4(i)$ ,  $i=0, 1, m=2$ .

$$f_4(i + 1) = b_{i+1} - b_{m-i} + f_4(i), \quad (17)$$

Коефіцієнти апроксимації застосовуються в рекурсії для формування коефіцієнтів поліному  $f_3(i)$

$$f_3(i + 1) = b_{i+1} + b_{m-i} - f_3(i), \quad (18)$$

Ці коефіцієнти визначають поліноми

$$F_3(z) = \hat{F}_3(z)/(1 - z^{-1}),$$

$$F_4(z) = \hat{F}_4(z)/(1 - z^{-1}) \quad (19)$$

які пов'язані з поліномами

$$F_4(z) = B(z) - z^{-5}B(z^{-1}),$$

$$F_3(z) = B(z) + z^{-5}B(z^{-1}) \quad (20)$$

Косинуси  $q_i$  частот спектральних ліній є дійсною частиною коренів поліномів

$$F_4(z) = \prod_{i=2,4}(1 - 2q_i z^{-1} + z^{-2}),$$

$$F_3(z) = \prod_{i=1,3}(1 - 2q_i z^{-1} + z^{-2}) \quad (21)$$

Пошук коренів виконується для косинусів  $q_i$  частот спектральних ліній. Для цього поліноми перетворюються в формулу на основі поліномів Чебишева 2-го порядку  $T_m(x)$

$$C(x) = T_2(x) + f(1)T_1(x) + f(2)/2, \quad (22)$$

Множина з двох частот спектральних ліній з парними номерами кодується за допомогою індексів розщепленої матриці. Рівняння (20) вирішуються аналітично, тож швидкість кодування зростає.

Етап 3. Цей етап виконується аналогічно.

Тобто рекурсивні коефіцієнти деталізації та апроксимації формуються на трьох рівнях.

Перевірка достовірності висновків і рекомендацій, сформульованих у роботі, виконано на прикладі тестової послідовності seq2.inp специфікації 3GPP TS 46.010 Release 10 Європейського інституту стандартів зв'язку для адаптивного модуля кодування мови для восьми швидкостей 3GPP TS 26.073 Release 10, розробку якого завершено в грудні 2010 року. Результати експерименту представлено у табл.

Як видно з таблиці, для фіксованої якості за шкалою MOS отримано підвищення швидкості кодування на 6-14 відсотків.

Таблиця – Результати аналізу швидкодії

| Тестова послідовність до квантування | Тестова послідовність після квантування | Якість за шкалою MOS | Кількість операцій для прототипу | Кількість операцій для нового методу | Підвищення швидкодії, % |
|--------------------------------------|---|----------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Seq2.inp                             | Seq2c073mr122.out                       | 4.0                  | 12.0                             | 11.3                                 | 6,2                     |
| Seq2.inp                             | Seq2c073mr102.out                       | 3.9                  | 11.7                             | 10.7                                 | 9,3                     |
| Seq2.inp                             | Seq2c073mr795.out                       | 3.7                  | 11.8                             | 11.0                                 | 7,2                     |
| Seq2.inp                             | Seq2c073mr74.out                        | 3.6                  | 11.3                             | 10.5                                 | 7,6                     |
| Seq2.inp                             | Seq2c073mr67.out                        | 3.6                  | 12.0                             | 11.3                                 | 6,2                     |
| Seq2.inp                             | Seq2c073mr59.out                        | 3.4                  | 10.2                             | 8.9                                  | 14,6                    |
| Seq2.inp                             | Seq2c073mr515.out                       | 3.3                  | 8.8                              | 8.0                                  | 10,0                    |
| Seq2.inp                             | Seq2c073mr475.out                       | 3.2                  | 10.5                             | 9.9                                  | 6,0                     |

**Висновки.** У роботі запропоновано нову інформаційну технологію квантування голосу для інновацій на автомобільному транспорті, що на відміну від існуючої шляхом застосування швидкого дискретного вейвлет перетворення зменшує обчислювальну складність.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Янсонс Я.В. Метод повышения качества восстановленного сигнала на основе дифференцированной защиты кадра речевых данных // Радиоелектронні та комп'ютерні системи. – 2008. – № 5 (32). – С. 116-120.
2. Нефьодов Л.І., Кривенко С.А., Мусієнко Є.М. Інформаційна технологія кодування сигналів для інновацій на автомобільному транспорті: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Том 2. – Херсон: Видавництво Херсонського державного морського інституту, 2009. – С. 71-74.
3. Kabal, P. The Computation of Line Spectral Frequencies Using Chebyshev Polynomials Distance measures for speech processing. IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Proc., ASSP, vol. 34, no. 6, pp. 1419-1426, Dec. 1986.
4. John Makhoul, "Linear prediction: a tutorial review," Proceedings of the IEEE, Vol. 63, No. 4, April 1975.
5. J.D. Markel and A.H. Gray, Jr, Linear Prediction of Speech, Springer-Verlag, 1976.

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИНТЕЗА КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ СИСТЕМЫ ОФИСОВ

Нефёдов Л.И., Шевченко М.В., Биньковская А.Б.  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
(Украина)

**Введение.** В условиях появления новых функциональных задач управления и усовершенствования существующих офисных структур возникает необходимость синтеза территориально-пространственно-распределенной компьютерной сети (ТПРКС). Компьютерная сеть на уровне системы офисов представляет собой совокупность абонентских мест (ПЭВМ), линий связи, коммутационных устройств и серверов. Современная компьютерная сеть является необходимым и обязательным элементом любой производственной или социально-экономической системы.

**Актуальность исследований.** Система офисов – это та оптимальным образом организованная среда (в традиционном понимании рабочие места), где члены команды могут осуществлять процессы управления проектами, проводить совещания, вести переговоры с партнерами и хранить проектную документацию.

Основное назначение системы офисов состоит в обеспечении эффективной коммуникации членов команды в совместном выполнении работ, что возможно только при наличии развитых средств связи, компьютеров и специфического программного обеспечения, средств телекоммуникации, разнообразной оргтехники, современных информационных технологий и достигается за счет синтеза компьютерной сети системы офисов.

Эффективность структуры управления системой офисов зависит не столько от рационального вертикального или горизонтального разделения труда, но в большей степени от той системы коммуникаций, которая закладывается в эту структуру. Система коммуникаций определяется также множеством составляющих – потоками и структурой данных, программным обеспечением, аппаратным обеспечением, схемами бизнес-процессов, Интернетом, телефонией и другими средствами связи, местоположением локальных офисов, планами их помещений и обустройством рабочих мест. Все это требует согласованного проектирования, анализа и внедрения. Основными инструментариями, используемыми для этих целей, являются интегральные автоматизированные методологии, носителями которых являются разнообразные программные продукты.

Таким образом, информационная технология синтеза компьютерной сети является наиболее важным механизмом управления системой офисов. Она дает возможность реализовывать всю совокупность функций, процессов и операций, необходимых для достижения цели – синтеза ТПРКС.

**Анализ последних исследований и публикаций.** При рассмотрении и анализе структур и основ проектирования офисов большинство авторов [1-2] уделяют основное внимание их проектированию в общих направлениях интеграции. Проблеме синтеза территориально-пространственно-распределенной компьютерной сети в рамках проектирования системы офисов уделяется в таких случаях недостаточное внимание, рассматриваются в основном принципы организации структур баз данных и принципов обмена информацией, а также используемого программного обеспечения.

**Постановка цели и задачи.** Целью статьи является повышение эффективности функционирования системы офисов за счёт разработки структурной модели информационной технологии синтеза территориально-пространственно-распределенной компьютерной сети.

В данной работе освещаются основные этапы синтеза ТПРКС для системы офисов

и разработки структурной модели информационной технологии автоматизированного синтеза ТПРКС.

**Структурная модель информационной технологии автоматизированного синтеза.** Для разработки информационной технологии синтеза ТПРКС требуется проанализировать особенности и необходимость принятия решения по синтезу ТПРКС. Это производится на основе анализа состояния и выявления сильных и слабых сторон технического оснащения офисных структур [1].

После анализа выбранных принципов, требований и методологических основ организации ТПРКС офисов [2] была разработана структурная модель информационной технологии автоматизированного синтеза (ТАС) ТПРКС (рис. 1).

На первом этапе структурной модели информационной ТАС ТПРКС необходимо произвести обследование объекта и выявить основные особенности и требования к решениям по синтезу ТПРКС для офисов. На втором этапе производится выбор цели и методологии ее достижения – обоснование моделей многокритериальной оценки и оптимизации, а также разработка информационно-справочного обеспечения системы.

Поскольку в общей постановке задачу синтеза решить достаточно сложно, для достижения поставленной цели требуется декомпозировать ее на подцели меньшей размерности.

Это делается, следуя основным принципам декомпозиционного подхода, когда каждый предыдущий этап должен сужать область допустимых решений последующего этапа, а результаты, принятые на нижележащих уровнях, учитываются при коррекции решений вышележащих уровней, так как в общем виде ее решение связано с большими вычислительными затратами [1].

С учетом декомпозиции на подцели процесс их достижения включает в себя последовательность следующих задач:

- разработка моделей структурного синтеза ТПРКС;
- разработка модели топологического синтеза ТПРКС (определение вариантов соединения абонентов сети и коммутирующего устройства (КУ), КУ и сервера);
- разработка моделей параметрического синтеза ТПРКС.

Результаты каждого предыдущего этапа являются входными данными для последующих этапов. На каждом из этапов предусмотрена обратная связь, т.е. переход на любой из предыдущих этапов.

Как было сказано выше, основным этапом прикладной информационной ТАС ТПРКС системы офисов является выбор моделей и технологии многокритериальной оценки и оптимизации, а также разработка информационного обеспечения системы.

Разработка эффективного автоматизированного банка данных (АБД) – совокупности структурированных данных в виде баз данных (БД) и системы управления базами данных (СУБД) – состоит из нескольких этапов [3]. Процесс начинается с анализа требований по синтезу ТПРКС и выявления элементов БД. На втором этапе необходимо создать логическую структуру БД и провести процесс нормализации отношений для эффективной работы БД. Процесс физического синтеза – заключительный этап, на котором отдельные элементы данных получают атрибуты и в зависимости от назначения БД определяется их форма [4].

Таким образом, в конце процесса должно быть создано информационное обеспечение автоматизированного синтеза, в состав которого входит не только гибкая БД, но и продуктивная, а также комплекс программных и языковых средств СУБД для организации поиска необходимой информации [5].

Рассмотрим структурную модель информационного обеспечения синтеза ТПРКС системы офисов (рис. 2), которое реализовано в виде автоматизированного банка данных (АБД), включающего в себя базы данных (БД) различной направленности и систему управления БД (СУБД), регулирующую механизм доступа к ним (запись, объединение, выдачу и удаление информации) в зависимости от запросов.

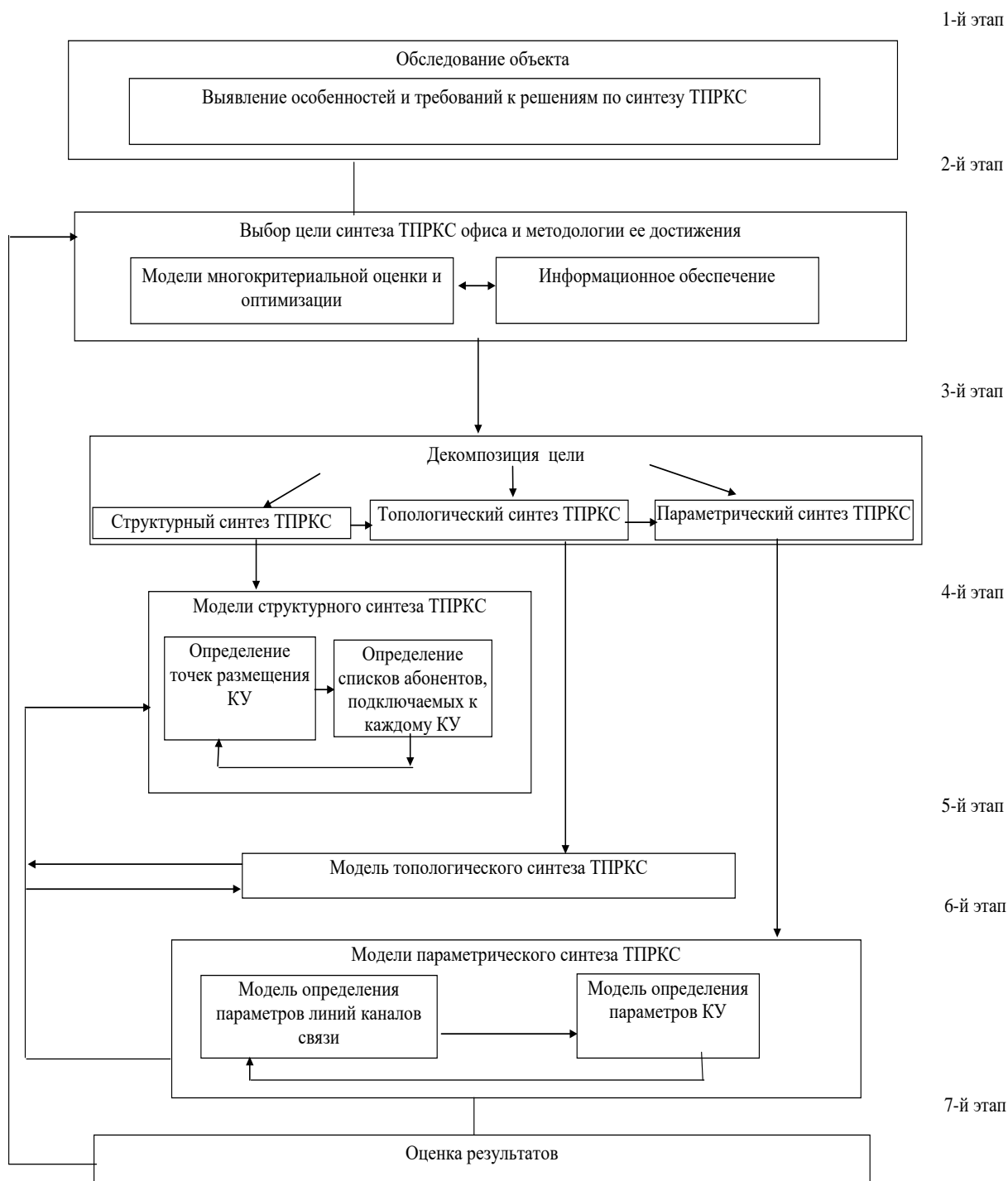


Рисунок 1 – Структурная модель информационной технологии синтеза ТПРКС

В зависимости от типа хранящейся информации, отражающей разные свойства объектов и процессов синтеза ТПРКС, БД подразделяются на декларативные, графические и процедурные [4].

По сроку хранения БД классифицируются следующим образом: постоянные (ПБД), долговременные (ДБД) и оперативные (ОБД). ПБД содержат наибольший объем информации, в основном независимой от конкретного объекта синтеза. ДБД несут в себе информацию, относящуюся к конкретному проектируемому объекту и хранящуюся весь период его синтеза. ОБД содержат информацию, необходимую в момент разработки того или иного решения по синтезу на текущем этапе принятия решения по конкретному объекту.



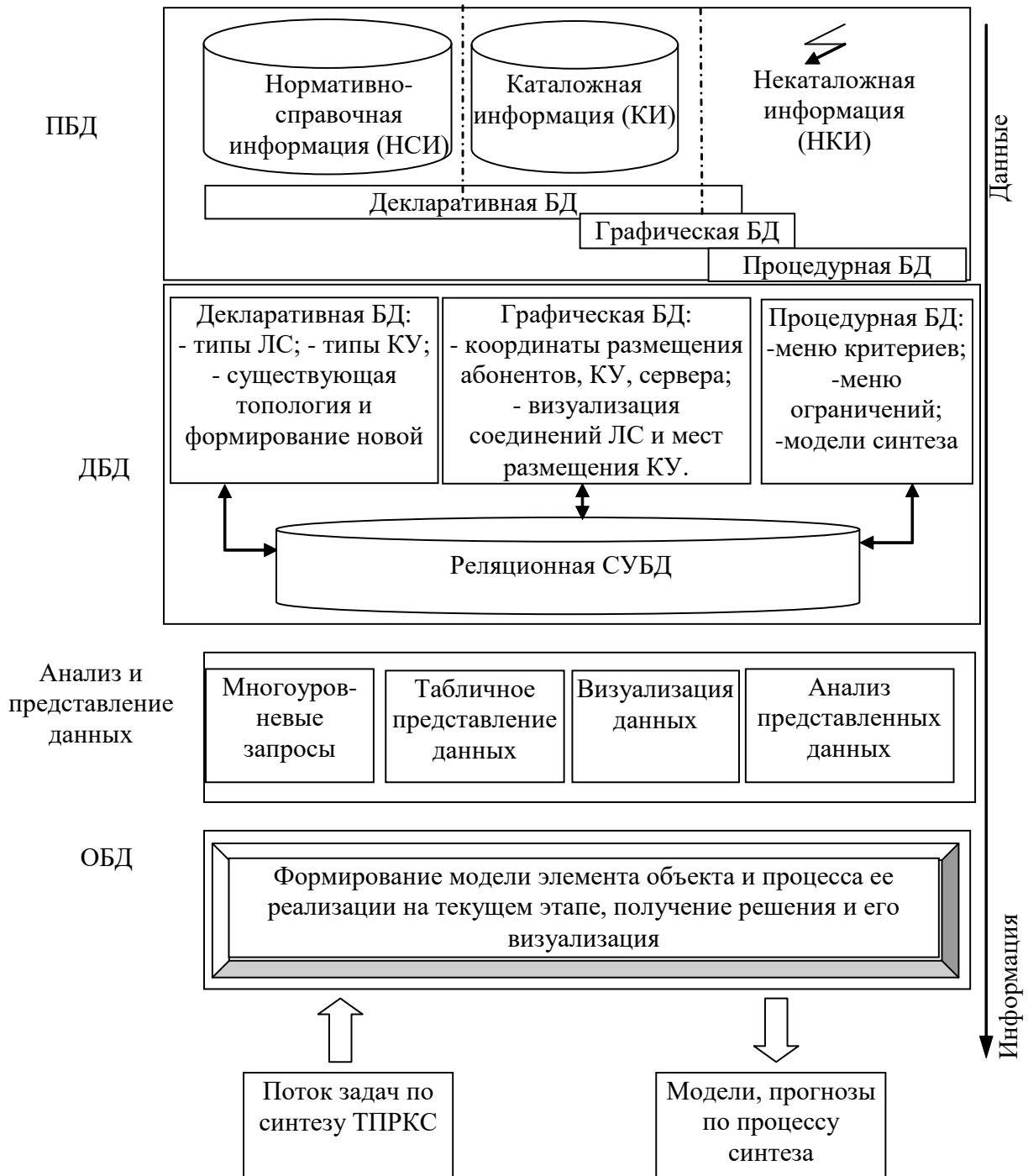


Рисунок 2 – Структура информационного обеспечения

Традиционные системы обработки данных (СОД) с детализированными данными, которым присуща OLTP (оперативная транзакционная обработка), предназначены для выполнения этапа автоматизации в организациях. Этот этап обычно состоит в наведении порядка в процессах рутинной обработки данных. Они используются на нижнем – операционном уровне управления. СОД не предназначены для длительного сохранения данных, по мере старения данные перезагружают в ПБД и исключают из ДБД – таким образом, происходит обмен между ОБД и ПБД.

Главным требованием к информационному обеспечению автоматизированного синтеза является обеспечение аналитиков и экспертов эффективным инструментом для проведения оперативного анализа данных, которые получены из множества источников и накоплены за достаточно долгий период (данные характеризуют объект автоматизации в исторической перспективе) по выбранной комбинации критериев [6].

ПБД содержит в себе следующие разделы по существующей ТПРКС:

– нормативно-справочная информация (НСИ), отражающая следующие аспекты: стандарты и требуемые характеристики к линиям связи; стандарты и характеристики коммутирующих устройств, серверов (нормативные показатели оборудования, их габаритные размеры и количество); требуемые характеристики сопроводительного (пассивного) сетевого оборудования (короба, розетки, шкафы и стойки); характеристики размещения КУ и линий связи (ЛС), конфигурации и координаты их размещения в трехмерном пространстве. НСИ содержит в основном декларативную информацию после проведенного синтеза;

– каталожная информация (КИ) по отдельным принимаемым решениям: каталоги ЛС; каталоги КУ; схемы типовых топологий и конфигураций ТПРКС, задаваемые матрицами инцидентности; каталоги периферийных (пассивных) устройств; библиотеки с описанием структуры ТПРКС каждого объекта и каждого уровня в существующем объекте; библиотеки с описанием ТПРКС, с указанием конкретных показателей КУ и ЛС. КИ включает как декларативную, так и графическую информацию;

– некаталожная информация (НКИ), состоящая из следующих разделов:

1) описания моделей объектов синтеза, которые содержат следующие базы свойств – критериев и ограничений, а также их характеристик, включая классификационные признаки;

2) описания моделей процессов автоматизированного синтеза, которые включают последовательность применения решающих процедур (РП) и их характеристики; выбор метода решения (МР) частных задач в многокритериальной ситуации, правила оценки и принятия решений, схемы компромиссов;

3) описания необходимой графической и текстовой документации, а также правил ее формирования. НКИ включает в себя все три типа информации.

ДБД содержит информацию по принятым решениям на конкретных этапах синтеза ТПРКС. Она состоит из декларативной, процедурной и графической информации, причем доля последней увеличивается к концу процесса синтеза. Опираясь на концепцию хранилищ, при разработке информационного обеспечения в ДБД помещается реляционная СУБД, позволяющая приводить к единому, удобному как для пользователя, так и для самого процесса синтеза, формату процедурную, декларативную и графическую информации БД. Процедурная БД, в нашем случае, содержит меню критериев и меню ограничений, которые возможно представить в табличном варианте, а также модели синтеза. Графическая БД содержит информацию о топологии и местах размещения (координатах) элементов КС, которые представлены матрицами инцидентности, являющимися, в свою очередь, таблицами, визуальным представлением соединений абонентов, КУ и серверов между собой с выводом готового документа по ТПРКС после синтеза.

ОБД может содержать информацию практически из всех разделов как ПБД, так и ДБД, необходимую для принятия решения на отдельном этапе синтеза ТПРКС. В ОБД осуществляется формирование модели синтеза и процесса ее реализации на текущем этапе, с возможностью графической интерпретации и визуализации результатов.

Взаимодействие компонентов АБД между собой и внешней средой осуществляется с помощью средств программного обеспечения.

Реализация разработанного информационного обеспечения осуществляется посредством современных CASE-технологий.

**Вывод.** Научная новизна заключается в разработке структурных моделей информационной технологии и информационно-справочного обеспечения синтеза компьютерной сети системы офисов, которые позволяют, в отличие от известных подходов, структурировать процесс принятия решений с единых системных позиций и определить последовательность процедур синтеза ТПРКС, а также обеспечить эффективность работы пользователя.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Петров Э.Г. Территориально распределенные системы обслуживания / Петров Э.Г., Пискалова В.П., Бескоровайный В.В. – К.: «Техніка», 1992. – 208 с.
2. Петров Э.Г. Методология структурного системного анализа и проектирования крупномасштабных ИУС / Петров Э.Г., Чайников С.И., Овезгельдыев А.О. – Харьков: «Рубикон», 1997. – 140 с.
3. Ахо А. Структуры данных и алгоритмы / А. Ахо, Д. Хопкрофт, Д. Ульман. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2001. – 384 с.
4. Карпова Т.С. База данных: модели, разработка, реализация / Т.С. Карпова. – СПб.: Питер, 2001. – 304 с.
5. Кузнецов С. СУБД и файловые системы / С. Кузнецов. – М.: Майор, 2003. – 33 с.
6. Ульман Л. Введение в системы баз данных / Л. Ульман. – М.: Лори, 2003. – 179 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЕЙ ПРОЕКТОВ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ ПРИРОДНЫХ СИТУАЦИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ АВТОДОРОГАХ

Нефедов Л.И., Филь Н.Ю.

Харьковский национальный автомобильный университет  
(Украина)

**Введение.** Крупные аварии и катастрофы последних десятилетий оказали существенное влияние на развитие общества и отношение государства к проблемам, связанным с чрезвычайными природными ситуациями (ЧПС).

Современные магистральные автомобильные дороги (МАД), к которым приурочены линии электропередач, кабельных связей и водопровода, являются комплексом транспортных систем, осуществляющих энергетическое, материальное и информационное обеспечение населенных пунктов.

К настоящему времени многие объекты нуждаются в инженерной защите на сумму более 380 млн. грн. [1], а в пределах МАД – на общую сумму около 100 млн. грн. Единовременно выделить такие ассигнования для реализации проектов по предупреждению ЧПС на МАД для государства, находящегося в состоянии кризиса, проблематично.

**Актуальность исследования.** Оценка проектов по предупреждению ЧПС на МАД является одним из ключевых направлений деятельности по предупреждению ЧПС на МАД, так как их предотвращение обходится гораздо дешевле, чем устранения их последствий [1, 2].

На этом этапе важную роль играет выбор эффективного решения из нескольких конкурирующих вариантов. Критерии их выбора в настоящее время практически не формализованы. Их выбор пока определен либо жизненным опытом лица, принимающего решение, либо корпоративными интересами.

Таким образом, в настоящее время не разработаны модели формирования портфеля проектов предупреждения ЧПС на МАД на перспективу и текущий период с учетом многих функциональных и экономических критериев.

**Постановка задачи.** Целью исследования является повышение эффективности управления проектами по предупреждению ЧПС на МАД путем разработки новых и развития известных математических моделей формирования портфелей проектов по предупреждению ЧПС на МАД на перспективу и на текущий период.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: оценить возможные проекты; сформировать портфель проектов на перспективу; сформировать портфель проектов на текущий период.

**Результаты исследования.** Для формирования портфеля проектов по предупреждению ЧПС на МАД на перспективу необходимо сначала провести многокритериальную оценку возможных проектов по предупреждению ЧПС на МАД [2].

После синтеза результирующих (обобщенных) оценок и ранжирования проектов необходимо сформировать портфель проектов по предупреждению ЧПС на МАД на перспективу. Постановка этой задачи заключается в следующем. Известно: множество возможных проектов по предупреждению ЧПС на МАД. Каждый проект характеризуется обобщенной оценкой  $\bar{\omega}_\rho$  и стоимостью  $C_\rho$ ,  $\rho = 1, \rho^*$ ,  $\rho^*$  – число возможных проектов портфеля проектов на перспективу по предупреждению ЧПС на МАД; ограничения по стоимости портфеля проектов по предупреждению ЧПС на МАД  $C^\epsilon$ .

Необходимо из множества возможных проектов по предупреждению ЧПС на МАД сформировать портфель проектов на перспективу по предупреждению ЧПС на МАД с

учетом ограничения по стоимости по критерию максимальной ценности проектов, вошедших в портфель.

Введем переменную  $\chi_\rho = \{0;1\}$  ( $\rho = \overline{1, \rho^*}$ ), которая принимает значения  $\chi_\rho = 1$ , если выбран  $\rho$ -й проект,  $\chi_\rho = 0$  – в противном случае.

Для решения этой задачи разработана модель:

– максимизировать ценность портфеля проектов по предупреждению ЧПС на МАД:

$$\overline{\omega_\chi} = \max \sum_{\rho=1}^{\rho^*} \overline{\omega_\rho} \chi_\rho ; \quad (1)$$

– минимизировать затраты на реализацию портфеля проектов предупреждения ЧПС на МАД:

$$C = \min \sum_{\rho=1}^{\rho^*} C_\rho \chi_\rho ; \quad (2)$$

– при ограничении на стоимость реализации всего портфеля проектов по предупреждению ЧПС на МАД:

$$\sum_{\rho=1}^{\rho^*} C_\rho \chi_\rho \leq C^\xi . \quad (3)$$

Приведенная модель (1)-(3) относится к моделям линейного дискретного программирования с булевыми переменными. Для решения поставленной задачи использовались методы многокритериальной оценки и оптимизации [3].

Рассмотрим более подробно задачу оценки проектов и формирования портфеля проектов на перспективу для дороги Симферополь-Ялта-Севастополь. При формировании портфеля проектов необходимо учитывать рассмотренные ранее критерии. Задача является достаточно сложной и трудоемкой. Исходными данными для решения этой задачи являются: автомобильная дорога Симферополь-Ялта-Севастополь; перечень возможных проектов по предупреждению ЧПС на МАД; ограничения по стоимости портфеля проектов 260 000 тыс. грн. В таблице 1 приведены результаты оценки возможных проектов по предупреждению ЧПС на МАД и формирования из них портфеля проектов на перспективу с применением метода анализа иерархий (МАИ), куда вошло 7 первых проектов, выделенных жирным шрифтом [2].

Таблица 1 – Результаты оценки и формирования портфеля проектов предупреждения ЧПС на МАД на перспективу

| № п/п | Портфель проектов  | Значения обобщенного критерия | Стоимость, тыс. грн. |
|-------|--|-------------------------------|----------------------|
| 1     | 2  | 3                             | 4                    |
| 1     | Строительство комплекса противооползневых сооружений на 33 км  | 0,20                          | 60                   |
| 2     | Усиление основания насыпи свайными противооползневыми сооружениями, или замена насыпи путепроводом на 54 км          | 0,17                          | 35                   |
| 3     | Усиление основания насыпи свайными противооползневыми сооружениями, или замена насыпи путепроводом на 59 км          | 0,16                          | 50                   |
| 4     | Усиление существующего противооползневого сооружения, исправление плана трассы и продольного профиля дороги на 31 км | 0,11                          | 18                   |

Продолжение таблицы 1

| 1  | 2  | 3    | 4  |
|----|--|------|----|
| 5  | Строительство комплекса противооползневых сооружений на 108 км   | 0,1  | 45 |
| 6  | Усиление существующего противооползневого сооружения, исправление плана трассы и продольного профиля дороги на 98 км             | 0,07 | 18 |
| 7  | Строительство комплекса противооползневых сооружений, в том числе: свайные удерживающие сооружения, дренажи, водоотвод на 107 км | 0,06 | 30 |
| 8  | Строительство верховой подпорной стены. Уплотнение откоса  | 0,05 | 6  |
| 9  | Удерживающие противооползневые сооружения у подошвы насыпи, на 115 км  | 0,04 | 25 |
| 10 | Противооползневые сооружения у подошвы насыпи, водоотвод, дренажи  | 0,03 | 25 |

Из полученного портфеля проектов предупреждения ЧПС на МАД на перспективу необходимо сформировать портфель проектов на текущий период, для чего необходима более детальная и точная информация.

Рассмотрим постановку задачи выбора портфеля проектов на текущий период. Известно: множество проектов, вошедших в портфель проектов предупреждения ЧПС на МАД на перспективу ( $\rho'$  – число проектов), каждый проект характеризуется множеством характеристик:  $S_\rho$  – капитальные затраты на реализацию  $\rho$ -го проекта;  $T_\rho$  – продолжительность реализации  $\rho$ -го проекта;  $H_\rho$  – частота возникновения ЧПС на МАД, где реализуется  $\rho$ -й проект;  $R_\rho$  – предполагаемый ущерб, который может быть предотвращен в результате реализации  $\rho$ -го проекта предупреждения ЧПС на МАД;  $Q_\rho^\gamma$  – ресурсы  $\gamma$ -го вида, необходимые для реализации  $\rho$ -го проекта предупреждения ЧПС на МАД  $\gamma = \overline{1, \gamma'}$ ,  $\gamma'$  – число видов ресурсов.

Необходимо сформировать портфель проектов предупреждения ЧПС на МАД на текущий год с учетом заданных критериев и ограничений.

Введем переменную  $X_\rho = 1$ , если  $\rho$ -й проект входит в портфель, 0 – в противном случае. В качестве критериев выбора могут применяться:

– минимальные капитальные затраты:

$$S = \min \sum_{\rho=1}^{\rho'} S_\rho X_\rho, \quad (4)$$

– минимальная продолжительность реализации портфеля проектов ликвидации ЧПС на МАД:

$$T = \min \sum_{\rho=1}^{\rho'} T_\rho X_\rho, \quad (5)$$

– максимальная частота возникновения возможных ЧПС на МАД, где будет реализован портфель проектов предупреждения ЧПС на МАД на текущий период:

$$H = \max \sum_{\rho=1}^{\rho'} H_\rho X_\rho, \quad (6)$$

– максимальный предполагаемый ущерб, который будет предотвращен при реализации портфеля проектов предупреждения ЧПС на МАД на текущий период:

$$R = \max \sum_{\rho=1}^{\rho'} R_{\rho} X_{\rho}, \quad (7)$$

– минимальные затраты ресурсов каждого вида  $\gamma$  ( $\gamma = \overline{1, \gamma'}$ ), необходимые для реализации портфеля проектов предупреждения ЧПС на МАД на текущий период

$$Q^{\gamma} = \min \sum_{\rho=1}^{\rho'} Q_{\rho}^{\gamma} X_{\rho}, \quad \gamma = \overline{1, \gamma'}. \quad (8)$$

Область допустимых решений задается следующими ограничениями:

– капитальные затраты не должны превышать заданных  $C_{\text{зад}}$ :

$$\sum_{\rho=1}^{\rho'} C_{\rho} X_{\rho} \leq C_{\text{зад}}, \quad (9)$$

– продолжительность реализации не должна превышать заданную  $T_{\text{зад}}$

$$\sum_{\rho=1}^{\rho'} T_{\rho} \tilde{O}_{\rho} \leq T_{\text{зад}}, \quad (10)$$

– ресурсы каждого вида, используемые при реализации проектов предупреждения ЧПС на МАД не должны превышать заданных  $Q_{\text{зад}}^{\gamma}$ :

$$\sum_{\rho=1}^{\rho'} Q_{\rho}^{\gamma} \tilde{O}_{\rho} \leq Q_{\text{зад}}^{\gamma}; \quad \gamma = \overline{1, \gamma'}. \quad (11)$$

Приведенная модель (4)–(11) относится к задачам многокритериального линейного дискретного программирования с булевыми переменными. Для ее реализации могут быть применены методы многокритериальной и дискретной оптимизации [3].

Рассмотрим пример формирования портфеля проектов предупреждения ЧПС на МАД на текущий период на основании портфеля проектов на перспективу по следующим критериям: минимальные капитальные затраты и максимальная частота ЧПС на МАД (табл. 2) с учетом ограничений по капитальным затратам – 14500 грн.

Таблица 2 – Результаты оценки и формирования портфеля проектов предупреждения ЧПС на МАД на текущий год

| № п/п | Портфель проектов  | Капитальные затраты, тыс. грн. | Частота возникновения ЧПС | Значения обобщенного критерия |
|-------|--|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 1     | 2  | 3                              | 4                         | 5                             |
| 1     | Строительство комплекса противооползневых сооружений на 33 км  | 60                             | 0,40                      | 0,26                          |
| 2     | Усиление основания насыпи свайными противооползневыми сооружениями, или замена насыпи путепроводом на 54 км          | 35                             | 0,30                      | 0,15                          |
| 3     | Усиление основания насыпи свайными противооползневыми сооружениями, или замена насыпи путепроводом на 59 км          | 50                             | 0,4                       | 0,23                          |
| 4     | Усиление существующего противооползневого сооружения, исправление плана трассы и продольного профиля дороги на 31 км | 18                             | 0,1                       | 0,05                          |
| 5     | Строительство комплекса противооползневых сооружений на 108 км   | 45                             | 0,2                       | 0,14                          |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2  | 3  | 4   | 5    |
|---|--|----|-----|------|
| 6 | Усиление существующего противооползневое сооружения, исправление плана трассы и продольного профиля дороги на 98 км              | 18 | 0,2 | 0,08 |
| 7 | Строительство комплекса противооползневых сооружений, в том числе: свайные удерживающие сооружения, дренажи, водоотвод на 107 км | 30 | 0,2 | 0,10 |

Для решения поставленной задачи использовались методы многокритериальной оценки и оптимизации [3]. Из семи перспективных проектов были выбраны первых три.

**Выводы.** Таким образом, в статье разработаны математические модели формирования портфеля проектов предупреждения ЧПС на МАД на перспективу и на текущий период, которые в отличие от известных моделей позволяют принимать решения с учетом многих функциональных и экономических критериев.

Полученные результаты будут в дальнейшем использованы для разработки компьютерно-интегрированной технологий планирования реализации проектов предупреждения ЧПС на МАД в виде программно-методических комплексов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рудько Г.И., Ерыш И.Ф. Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты): Монография. – К.: Задруга, 2006. – 624 с.
2. Нефедов Л.И. Модели оценки проектов по предупреждению чрезвычайных природных ситуаций на магистральных автомобильных дорогах / Л.И. Нефедов, Н.Ю. Филь, Е.П. Бабенко, Ю.Л. Губин // Технология приборостроения. – 2010. – № 1. – С. 5-9.
3. Петров Е.Г., Новожилова М.В., Гребенник І.В. Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах: Навч. посібник. – Харків: ХДТУБА, 2002. – 284 с.



## ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ СЕПАРАЦИЯ СУДОВЫХ ЛЪЯЛЬНЫХ ВОД

Осташко Е.А.

Одесский национальный морской университет  
(Украина)

**Введение.** Проблема возникновения, хранения и обработки судовых льяльных вод (СЛВ) возникает при работе любого судна. Поскольку определяющими компонентами СЛВ являются продукты нефтехимии, то особое внимание должно уделяться их обработке с получением вторичных энергетических продуктов. Решение этой проблемы характеризуется большой сложностью из-за отсутствия качественных методов обработки СЛВ, а ее актуальность напрямую определяется социальным и макроэкономическим эффектами. В случае социального эффекта разработка эффективного метода очистки делает возможным:

- создание судовых мобильных установок для ликвидации аварийных или экологических катастроф, связанных с очисткой водных ресурсов от вредных примесей за короткие промежутки времени;
- повышение уровня использования продуктов нефтехимии, за счет сокращения безвозвратно теряемых или неиспользуемых остатков;
- сокращение затрачиваемых трудовых ресурсов и повышение или КПД, или срока эксплуатации используемого оборудования.

При рассмотрении макроэкономического эффекта можно констатировать, что грамотное и правильное использование вторичных топливных ресурсов, составляющих основу СЛВ, выражается многомиллионными доходами. Подобная ситуация имеет место как в транспортной, так и в любой другой отрасли промышленности.

Основная цель выполненных научно-исследовательских работ заключалась в разработке новой технологии сепарации СЛВ на основе гидродинамического процесса суперкавитации и выполнении комплекса теоретических и экспериментальных исследований, направленных на систематизацию результатов и данных, позволяющих реализовать эту технологию в виде конкретного технического устройства. Основная задача исследований была сведена к оценке возможности использования этого процесса в качестве альтернативного метода обработки СЛВ.

**Результаты исследований.** СЛВ представляют собой смесь различных жидкостей, включающих в себя различные химические элементы, а также органические и неорганические добавки. В соответствии с требованиями MARPOL 73/78 (Приложение 1) на каждом судне должны быть установлены устройства их очистки, на выходе из которых концентрация нефтепродуктов должна составлять менее 15 мл/л. Эта граница очистки является верхним пределом для большей части водного пространства, но в ряде случаев, в так называемых особых районах (Средиземное, Черное, Балтийское, Красное море, Большой Барьерный риф Австралии и т.д.) сброс СЛВ за борт вне зависимости от степени их очистки вообще запрещен.

В ходе выполненного анализа всех известных конструкций судовых сепараторов СЛВ была разработана классификация их принципов работы. К базовым принципам эксплуатации относятся:

- а) физический. В этом случае используются основные законы гидродинамического поведения СЛВ под действием сил различной природы. Чаще всего используются силы гравитации, давления, вибро- или акустические колебания;
- б) химический. При использовании электролиза и озонирования за счет введения в поток различных химических реагентов обеспечивается увеличение степени дисперсности нефтяных частиц с их последующей механической фильтрацией;
- в) биологический. В этом случае в СЛВ вводят микроорганизмы, которые в ходе своей жизнедеятельности обеспечивают разложение нефтепродуктов.

Сравнительный анализ составляющих СЛВ показал их существенное отличие по основным физическим свойствам. При этом все примеси можно разделить на четыре группы:

- 1 группа – все взвеси в виде тонкодисперсных суспензий и эмульсий.
- 2 группа – коллоиды и высокомолекулярные соединения.
- 3 группа – газы, а также растворенные в воде органические вещества.
- 4 группа – соли, кислоты и основания.

В результате анализа компонент СЛВ было установлено их общее свойство – в большинстве случаев они проявляют аномалию вязкости и могут быть отнесены к вязкопластичной жидкости. С точки зрения гидростатического поведения компонент СЛВ можно констатировать, что хорошо подвергаются плотностной стратификации те нефтепродукты, у которых диаметр капель превышает сотые доли миллиметра [1, 2].

В случае неподвижной жидкости применительно к СЛВ можно применять закон Стокса, в соответствии с которым расслоение будет происходить тем быстрее, чем ниже значение вязкости смеси и больше размер частиц водной составляющей. В таком случае скорость оседания капель воды (см/с) определяется как

$$V = \frac{2r^2 g(\rho - \rho_0)}{9\mu}, \quad (1)$$

где  $r$  – радиус капли, см;  $\rho, \rho_0$  – плотность водной и нефтяной фаз, г/см<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, см/с<sup>2</sup>;  $\mu$  – динамическая вязкость нефтяной фазы, МПа·с.

Если рассматривать основные физические факторы, влияющие на флотацию СЛВ, то к ним можно отнести плотность каждой компоненты, а также ее давление и температуру. В случае изотермического процесса очистки СЛВ изменение давления в потоке по высоте описывается равенством

$$dP = \rho(Xdx + Ydy + Zdz) \quad (2)$$

Из (2) видно, что чем выше плотность СЛВ, тем медленнее происходит седиментация, а при больших значениях плотности расслоение может стать практически невозможным.

Проведенный анализ главных компонент судовых льяльных вод, их основных реологических свойств, а также методов и устройств, применяемых для их хранения, транспортировки и переработки указал на необходимость разработки принципиально новой технологии по их отделению от основной составляющей – водной компоненты. Одним из вариантов такой технологии может являться использование и управление основными гидромеханическими характеристиками движущейся среды [3]. В этом случае предусматривается использование эффекта холодного кипения жидкости за счет использования гидромеханического процесса суперкавитации внутри специально спроектированной рабочей камеры, являющейся неотъемлемой частью судовой системы сепарации.

Анализ литературы по кавитационному движению одно- и многофазных жидкостей показал, что до настоящего времени детальное изучение проблемы возникновения суперкавитации в ограниченном (стенками трубы, рабочей камеры и т.п.) потоке осуществлялось в основном экспериментальным путем [4-7, ...] и частично теоретическим с использованием модели идеальной жидкости [8, 9]. Комбинированный подход является редким и в основном относится к случаю изучения и моделирования основных характеристик суперкавитационных каверн в неограниченном потоке [10].

В научной литературе в большинстве случаев рассматриваются данные визуализационных экспериментов, описывающих основные стадии возникновения (исчезновения) кавитационных каверн в однофазной жидкости. При этом во время экспериментов в основном изучались только две стадии кавитации – пузырьчатая с образованием газовой полости и пленочная [11].

Следует отметить, что существующие результаты исследований других авторов не могут быть использованы применительно к рассматриваемой научной проблеме отбора у СЛВ водной компоненты. В большинстве случаев известные данные относятся только к гидродинамическим аспектам явления кавитации, но никак не затрагивают процесс холодного кипения одно- или многофазной жидкости.

Согласно результатам многочисленных исследований [12-16] увеличение скорости движения капельной жидкости неизменно приводит к падению давления в ней. С физической точки зрения нижней границей величины давления в потоке может выступать величина давления насыщенного пара при данной температуре жидкости. В случае движения многокомпонентной жидкости этот параметр будет соответствовать максимальной величине давления насыщенного пара каждой из компонент. В тот момент, когда давление в потоке достигнет величины  $P_{н.п.}$  в жидкости произойдет разрыв (нарушение сплошности) с образованием в месте разрыва пузырьков насыщенного пара первой закипающей компоненты. С ростом скорости такие пузырьки могут объединяться в цельную кавитационную каверну [5, 9]. Основа предлагаемой технологии сепарации СЛВ заключается как раз в создании такой суперкаверны и постоянном отборе водяного пара из нее. В ходе отбора концентрация нефтепродуктов в СЛВ будет неизменно возрастать.

С инженерной точки зрения особый интерес представляет собой коэффициент гидравлического трения  $\lambda$ , поскольку именно этот параметр будет оказывать влияние на общие потери энергии при перекачивании сепарируемого потока СЛВ. В соответствии с данными работы [6] величину  $\lambda$  для диапазона чисел Рейнольдса  $2320 \leq Re \leq 10^5$  можно рассчитать по формуле Блазиуса, обобщение которой на случай неньютоновских жидкостей имеет вид

$$\lambda = 4a Re^{-b} \quad (3)$$

где  $a$  и  $b$  – параметры, зависящие от индекса течения  $n$ . Их численные значения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения параметров равенства (3)

| $n$ | $a$    | $B$   |
|-----|--------|-------|
| 0,2 | 0,0646 | 0,349 |
| 0,4 | 0,0712 | 0,307 |
| 0,8 | 0,0761 | 0,261 |
| 1,4 | 0,0804 | 0,231 |

Основным параметром, характеризующим кавитационное движение любой жидкости, является число кавитации  $\chi$

$$\chi = \frac{P_\infty - P_0}{1/2\rho V_0^2} = \frac{V_x^2 - V_\infty^2}{V_\infty^2}, \quad (4)$$

где  $V_x$  – скорость потока на границе кавитационной каверны, м/с,  $V_\infty$  – скорость потока на бесконечности, м/с.

В случае плоского потока вязкой жидкости размеры каверны при помощи числа кавитации описываются как: ширина –  $\chi^{-1}$ , а длина –  $\chi^{-2}$ . При более точной оценке размеров каверны в случае СЛВ необходимо учитывать коэффициент пропорциональности, зависящий от реологических констант. Длина каверны всегда будет неизменно увеличиваться с уменьшением числа кавитации  $\chi$ . При росте скорости смеси на бесконечности  $V_\infty$  и падении  $\chi$ , будет иметь место увеличение ширины и длины каверны. При  $\chi > 0$  кавитационная каверна всегда характеризуется наличием конечных размеров.

Для оценки величины скорости потока  $V_\infty$ , при которой начнется кавитация, можно использовать уравнение Бернулли, считая, что число кавитации в этом случае равно

давлению насыщенных паров, представленному в безразмерной форме. Эта величина с учетом скорости на границе каверны  $V_{cp}$  определяется как

$$V_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{\rho}{2} \frac{P_{\infty} - P_{i.i.}}{\frac{V_{\text{max}}^2}{V_{\text{ад}}^2}}}, \quad (5)$$

При определенных кинематических условиях в процессе возрастания перепада давлений, давление в кавитационной каверне достигает определенной минимальной величины, которая в последующем остается неизменной вне зависимости от роста скорости потока. При одностороннем росте скорости размеры кавитационной каверны начинают сильно увеличиваться до тех пор, пока не наступает срыв вакуума внутри нее. Такой механизм существования каверны с достаточной для практики точностью может быть описан следующим уравнением

$$\frac{P_2}{P_1} = 2\Theta\varphi\mu \frac{S_c}{S\Delta N} + \frac{P_{\text{min}}}{P_1} \left[ 1 - 2\Theta\varphi\mu \frac{S_c}{S\Delta N} \right], \quad (6)$$

где  $\Theta$  – коэффициент, учитывающий недостаток скорости у стенки до средней скорости в потоке;  $S\Delta N$  – площадь рассматриваемого сечения потока;  $S_c$  – площадь минимального сечения.

На основании уравнения (7) условие разрушения в канале замкнутой кавитационной полости можно записать в следующем виде

$$\frac{P_2}{P_1} < 2\Theta\varphi\mu \frac{S_c}{S\Delta N} + \frac{P_{\text{min}}}{P_1} \left[ 1 - 2\Theta\varphi\mu \frac{S_c}{S\Delta N} \right]. \quad (7)$$

В ходе теоретических исследований для решения задачи о моделировании суперкаверны в потоке СЛВ был принят конечно-разностный метод. При разработке математической модели движения СЛВ внутри кавитатора была принята расчетная схема, показанная на рисунке 1.

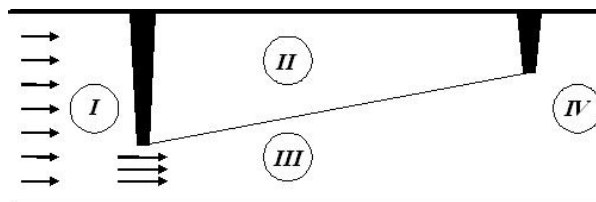


Рисунок 1 – Расчетная схема плоского течения в кавитаторе

Моделируемый поток СЛВ разделялся на четыре зоны:

I зона – входная. Поток является двухфазным, а его динамические параметры соответствуют задаваемым граничным условиям на входе в расчетную область. В этом случае эпюры скорости и давления задаются прямолинейными, исходя из конкретных параметров используемого нагнетательного оборудования.

II зона – кавитационная каверна. Вся область заполнена водяным паром с давлением, равным давлению насыщенного пара при заданной температуре. Отбор пара не моделируется, и по этой причине скорость в каждой точке верхней границы II зоны принимается нулевой.

III зона – зона испарения. В этой части пространства наблюдается постоянное изменение концентрации воды в моделируемом потоке СЛВ. Динамические характеристики потока в начальный момент времени задаются соответствующими I зоне.

IV зона – зона выхода. Поток является двухфазным, а его динамические параметры рассчитываются по аналогии с III зоной, но с учетом условия неизменности концентрации водной составляющей.

Основные уравнения движения с учетом отсутствия поперечной координаты и влияния массовых сил были записаны в следующем виде:

$$\rho \frac{dV_x}{dt} = -\frac{d\rho}{dx} + K \left[ J^{\frac{n-1}{2}} \nabla^2 V_x + 2 \frac{\partial \left( J^{\frac{n-1}{2}} \right)}{\partial x} \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial \left( J^{\frac{n-1}{2}} \right)}{\partial y} \left( \frac{\partial V_x}{\partial y} + \frac{\partial V_y}{\partial x} \right) \right] + \quad (8)$$

$$+ 4\eta \left[ \frac{\partial}{\partial x} \sum_{i=x,y} \frac{\partial V_x}{\partial i} \frac{\partial V_i}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \sum_{i=x,y} \left( \frac{\partial V_x}{\partial i} + \frac{\partial V_i}{\partial x} \right) \times \left( \frac{\partial V_i}{\partial y} + \frac{\partial V_y}{\partial i} \right) \right];$$

$$\rho \frac{dV_y}{dt} = -\frac{d\rho}{dy} + K \left[ J^{\frac{n-1}{2}} \nabla^2 V_y + 2 \frac{\partial \left( J^{\frac{n-1}{2}} \right)}{\partial y} \frac{\partial V_y}{\partial y} + 2 \frac{\partial \left( J^{\frac{n-1}{2}} \right)}{\partial x} \left( \frac{\partial V_x}{\partial y} + \frac{\partial V_y}{\partial x} \right) \right] + \quad (9)$$

$$+ 4\eta \left[ \frac{\partial}{\partial y} \sum_{i=x,y} \frac{\partial V_y}{\partial i} \frac{\partial V_i}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \sum_{i=x,y} \left( \frac{\partial V_x}{\partial i} + \frac{\partial V_i}{\partial x} \right) \times \left( \frac{\partial V_i}{\partial y} + \frac{\partial V_y}{\partial i} \right) \right];$$

в выражениях (3.43)-(3.44) параметр  $J$  записывается как

$$J^2 = 2 \left[ \left( \frac{\partial V_x}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial V_y}{\partial y} \right)^2 \right] + \left[ \frac{\partial V_x}{\partial y} + \frac{\partial V_y}{\partial x} \right]^2. \quad (10)$$

Индекс течения  $n$  при параметре  $J$  принимался соответствующим псевдопластичной жидкости и при проведении расчетов составлял 0,95. Величина консистентной постоянной  $K$  в расчетах бралась равной 1.

Изменение концентрации фаз в потоке судовых льяльных вод описывалось уравнением

$$\rho \frac{\partial C_i}{\partial t} + \rho V \text{grad} C_i = -\text{div}(\rho C_i (V_i - V)). \quad (11)$$

В уравнении (11) использованы обозначения

$$\rho = \sum_{i=1}^2 \rho_i, \quad C_i = \frac{\rho_i}{\rho}, \quad V = \frac{1}{\rho} \sum_{i=1}^2 \rho_i V_i$$

где  $i$  – индекс компоненты двухфазного потока;  $\rho$  – плотность,  $кг/м^3$ ;  $C$  – концентрация;  $V$  – средняя скорость,  $м/с$ .

Левая часть уравнения (11) соответствует изменению локального и конвективного градиента концентрации  $i$ -й компоненты в потоке СЛВ. Правая часть описывает диффузионное распространение  $i$ -й компоненты в многофазном потоке, а слагаемое  $(V_i - V)$  и представляет собой скорость этой диффузии.

В ходе расчетов был получен нестационарный характер изменения концентрации воды в СЛВ. Он показан на рисунке 2. Анализ графической зависимости указывает на тот факт, что на первой стадии сепарации происходит резкое изменение величины концентрации. Падение кривой, соответствующее первым четырем секундам движения потока СЛВ, указывает на возникновение кавитационной каверны с выходом ее границ на квазистационарное пространственное состояние. В последующем, равномерный участок графика соответствует равномерному отбору паровой фазы. Именно этот временной интервал может рассматриваться в качестве основного рабочего режима сепаратора СЛВ. Третий, ниспадающий участок кривой, начиная с 12 секунд реального движения жидкости, соответствует остаточному выходу избыточной воды.

В ходе экспериментов был изучен характер зависимости производительности кавитатора от входного динамического напора СЛВ. Результаты показаны на рисунке 3, где видно, что основной рабочий режим по выделению воды из движущегося многофазного потока наступает при значениях напора, соответствующих величине

26 м.в.ст. Дальнейший рост величины давления на входе, т.е. дополнительная передача энергии движущемуся потоку, являются непродуктивными – отбираемый объем воды увеличивается мало и находится в пределах коридора  $\pm 6\%$  от начальной величины.

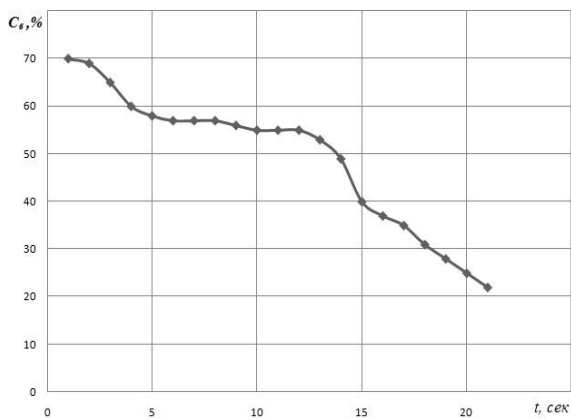


Рисунок 2 – Изменение концентрации водной компоненты

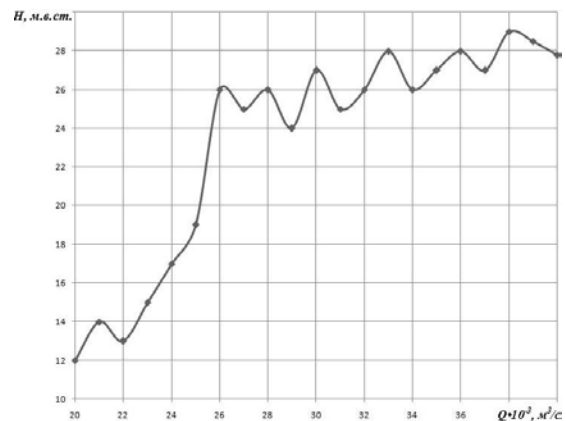


Рисунок 3 – Зависимость производительности от входного напора

Основные численные значения, которые указывали на наступление процесса суперкавитации внутри рабочей камеры кавитатора, были: расход основного потока –  $1,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ , давление –  $0,3 \text{ МПа}$ , разрежение на входе в кавитатор – до  $0,05 \text{ МПа}$ . Минимальное падение давления внутри камерны доходило до значений  $0,007 \text{ МПа}$ .

В ходе экспериментов был установлен оптимальный диапазон скорости многофазного потока СЛВ на входе в кавитационный канал. Его значения должны лежать в пределах  $7\text{--}14 \text{ м/с}$ . Если скорость падает ниже границ этого диапазона, то наблюдается разрушение кавитационной камерны с переходом от стадии суперкавитации к первой стадии мелкодисперсной кавитации. Превышение скорости над границами указанного диапазона приводит к срыву камерны и росту потребляемой энергии на ее поддержание, что в конечном итоге сделает процесс сепарации СЛВ экономически нецелесообразным.

#### Выводы.

1. Существующие методы сепарации СЛВ не допускают вторичного использования продуктов очистки и характеризуются большой сложностью своей технической реализации.

2. Использование гидродинамических характеристик потока СЛВ внутри специально спроектированной камеры кавитатора может являться основой нового метода сепарации. Из потока СЛВ водную компоненту можно выделять путем создания суперкавитационной камерны и отбором водяного пара из нее.

3. Установленные зависимости между динамическими характеристиками потока СЛВ на входе в кавитатор и его производительностью указали на работоспособность предложенного гидродинамического метода сепарации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дытнерский Ю.М. Процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1995. – 768 с.
2. Карамышев В.Г., Костиловский В.А. Устройство для флотационной очистки сточных вод // НТЖ «Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов» / ИПТЭР. 2008. Вып. 1 (71). – С. 16-18.
3. Малахов А.В., Ткаченко И.В. Гидродинамика разделения многофазных смесей на основе воды // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков: «ХАИ», 2008. – № 4 (51) – С. 34-38.

4. Егоров И.Т., Садовников Ю.М., Исаев И.И., Басин М.А. Искусственная кавитация. – Л.: Изд-во Судостроение, 1971. – 283 с.
5. Кнэпп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф. Кавитация. – М.: Мир, 1974. – 687 с.
6. Яхно О.М., Коваль А.Д., Пищенко Л.И., Паскалов В.П., Яске Н.Н. Кавитация в переработке нефти. – К.: Світ, 1999. – 263 с.
7. Yamaguchi H. Development of Foil Section with Improved Cavitation Performance. J. Soc. Naval Arch. Japan, v. 154, N 12, 1983. pp. 102-108.
8. Гаевой В.П. Об одном методе построения разностных уравнений для двухточечных краевых задач. В сб.: Вычисл. системы, Новосибирск, 1978, Вып. 75. – С. 96-110.
9. Рождественский В.В. Кавитация. – Л.: Изд-во Судостроение, 1977. – 247 с.
10. Семененко В.Н. Моделирование процессов суперкавитации: Дисс. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук. – Киев, 2001. – 278 с.
11. Ван Дайк. Альбом течений жидкости и газа. – М.: Мир, 1986. – 184 с.
12. Алимов Р.З. Гидравлическое сопротивление и тепло- и массообмен в закрученном потоке // Теплоэнергетика. – 1965. – № 3. – С. 81-85.
13. Бастеев А.В., Дашков А.В., Кравченко О.В., Репалова О.Н. Устойчивость границы фазового перехода в подвижной неньютоновской жидкости // Прикладна гідромеханіка. – 2008. – Том 10 (82). – № 2. – С. 79-81.
14. Башта Т.М., Руднев С.С. и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. – М.: Изд-во Машиностроение, 1982. – 423 с.
15. Гидродинамические аспекты практической эксплуатации дисковых обтекателей / Малахов А.В., Леонов В.В., Ткаченко И.В. и др. // Вісник Одеського національного морського університету: Збірник наукових праць. – 2007. – Випуск 23. – С. 142-155.
16. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974. – 711 с.

## О ПРИСПОСОБЛЯЕМОСТИ ДВИЖЕНИЯ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА

Поляков В.А., Хачапуридзе Н.М.

Институт транспортных систем и технологий Национальной академии наук Украины  
(Днепропетровск, Украина)

Движение магнитолевитирующего поезда (МЛП) происходит, в общем случае, в условиях непредсказуемости возмущений и параметров. В то же время, несмотря на любые изменения этих факторов, упомянутое движение должно оставаться целенаправленным, то есть – исчерпывающе решающим свои двигательные задачи. Поэтому управление им должно вестись так, чтобы обеспечивалась приспособляемость к изменениям обстановки.

Для построения движения МЛП, приспособляющегося к обстановке, классифицируем её. Достаточной, очевидно, является классификация по принципу дихотомии в виде вложенных уровней классов. Кроме того, указанная обстановка должна быть параметризована – каждому её классу в однозначное соответствие поставлено множество доступных для наблюдения и однозначно его идентифицирующих параметров. При этом, согласно классификационной гипотезе [1], классификация обстановки по принципу дихотомии всегда может быть осуществлена при помощи уравнений относительно фазовых координат поезда, а её результат – формализован выражением

$$C = C_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_n} \cdot \prod_{\substack{\xi \in [1, N] \\ \chi \in [1, n]}} p_{\xi}^{\chi}, \quad \forall \mu, \nu, \rho, \dots, \omega \in [1, N], \quad (1)$$

где  $C$  – неклассифицированная обстановка;

$n$  – число уровней, на которых выполняется классификация;

$C_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k}$  – классы обстановки  $k$ -го её уровня;

$p_{\xi}^k$  – признак классификационного параметра этого уровня;

$N$  – максимальное (из всех) число классов уровня  $k+1$  в классе уровня  $k$ .

При этом  $p_{\xi}^k = 1$ , если в действительности реализовался класс  $C_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k}$ , и  $p_{\xi}^k = 0$ ,

если этот класс обстановки не реализовался или если он пуст.

При переходе обстановки из класса в класс должно приниматься решение относительно стратегии управления поездом, то есть – относительно способа формирования управляющих воздействий на него в новых условиях. Как и обстановка, решения должны быть параметризованы, то есть должны быть установлены зависимости типа

$$\alpha_d = \alpha_d(\rho_c, t), \quad (2)$$

где  $\rho_c, \alpha_d$  – параметры обстановки и решения;

$t$  – текущее время.

Иными словами, в адаптивной системе управления движением МЛП решения должны отслеживать обстановку. Тогда регулятор такой системы может быть представлен состоящим из функциональных модулей, структура взаимодействия которых в процессе управления определяется блоком классификации обстановки в зависимости от реализовавшегося её класса. Таким образом, в каждой конкретной ситуации структура регулятора системы является отображением (вообще говоря, неоднозначным) структуры обстановки:

$$\aleph : C \rightarrow S, \quad (3)$$



где  $S$  – управляющая часть системы;

$\aleph$  – оператор (неоднозначный) отображения, действующий из  $C$  в  $S$ . Применяя введённый классификационный формализм, можем, аналогично (1), записать

$$S = S_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_n} \cdot \prod_{\substack{\xi \in \{1, N\} \\ \chi \in \{1, n\}}} p_{\xi}^{\chi}, \quad \forall \mu, \nu, \rho, \dots, \omega \in \overline{[1, N]} \quad (4)$$

где  $S_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k} \quad \forall k \in \overline{[1, n]}; \quad \mu, \nu, \rho, \dots, \omega \in \overline{[1, N]}$  – частная структура регулятора такая, что

$$\aleph : C_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k} \rightarrow S_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k}, \quad \forall k \in \overline{[1, n]}; \quad \mu, \nu, \rho, \dots, \omega \in \overline{[1, N]}. \quad (5)$$

Итак, после опознания реализовавшегося класса обстановки, регулятор приобретает структуру, необходимую для сохранения движением МЛП целенаправленности. Однако в каждом таком классе цели движения могут быть различными. То есть, в общем случае, с одной стороны,

$$\aleph : C \rightarrow A, \quad (6)$$

а, с другой стороны, –

$$\aleph : A \rightarrow S, \quad (7)$$

где  $A$  – интегративная (учитывающая и основную и дополнительные) цель конструируемого движения;

$\aleph$  и  $\aleph$  – операторы отображения  $C$  в  $A$  и  $A$  в  $S$ . Или, используя тот же классификационный формализм, получим

$$\aleph : C_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k} \rightarrow A_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k}, \quad \forall k \in \overline{[1, n]}; \quad \mu, \nu, \rho, \dots, \omega \in \overline{[1, N]} \quad (8)$$

$$\aleph : A_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k} \rightarrow S_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k}, \quad \forall k \in \overline{[1, n]}; \quad \mu, \nu, \rho, \dots, \omega \in \overline{[1, N]} \quad (9)$$

где  $A_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k} \quad \forall k \in \overline{[1, n]}; \quad \mu, \nu, \rho, \dots, \omega \in \overline{[1, N]}$  – частная интегративная цель движения в

реализовавшемся (и опознанном) классе обстановки  $C_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k} \quad \forall k \in \overline{[1, n]};$

$\mu, \nu, \rho, \dots, \omega \in \overline{[1, N]}$ , определяющая (вообще говоря, неоднозначно) структуру регулятора  $S_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k} \quad \forall k \in \overline{[1, n]}; \quad \mu, \nu, \rho, \dots, \omega \in \overline{[1, N]}$ . Таким образом, из (5), (8) и (9) заключаем, что  $\aleph$

является композицией  $\aleph \circ \aleph$ .

Результаты анализа эксплуатационных режимов движения МЛП, а также условий, в которых они происходят, свидетельствуют о том, что, исходя из критерия наилучшей адаптации этих движений к обстановке, наиболее предпочтительным типом системы управления ими является адаптивная идентификационная [2]. Регулятор такой системы имеет следящую структуру, спроектированную с применением игровых методов [3] (предполагающих экстремальное – наиболее неблагоприятное – сочетание факторов неопределённости), обеспечивающую позиционное формирование управляющих воздействий.

В случае нестационарности параметров системы, модель её возмущенной управляемой динамики приобретает вид

$$\dot{x}(t) = f^{\nabla}(x(t), u(t), v(t), \lambda(t), t) \quad \forall t \in [t_s, \theta]; \quad x(t_s) = x^s \quad (10)$$

где  $x(t), u(t) \quad \forall t \in [t_s, \theta]$  – векторы состояния МЛП, а также управляющих воздействий на него;

$v^T(t) = (v_1, \dots, v_h)$  –  $h$ -мерный вектор внешних возмущений поезда;

$\lambda^T(t) = (\lambda_1, \dots, \lambda_q)$  –  $q$ -мерный вектор его параметров;

$f^\nabla(\bullet)$  – вектор-функция, ограниченная на любом ограниченном множестве значений  $x(t)$ ,  $u(t)$ ,  $v(t)$ ,  $\lambda(t)$  и  $t$ ;

$[t_s, \theta]$ ,  $x^s$  – полный интервал построения движения и его начальные условия.

В рассматриваемом случае полезные движения системы подвержены воздействию непредсказуемых изменений  $v(t)$  и  $\lambda(t)$ , относительно которых известна априорная информация лишь весьма общего характера

$$v(t) \in V(t) \quad x(t_s) = x^s, \quad \lambda(t) \in \Sigma(t) \quad \forall t \in [t_s, \theta] \quad (11)$$

где  $V(t), \Sigma(t)$  – априорно заданные нестационарные множества, ограничивающие возможные реализации  $v(t)$  и  $\lambda(t)$ .

Позиционное формирование управляющих воздействий на МЛП требует измерения  $x(t)$ . Как правило, на датчики при этом действует  $g$ -мерный вектор информационной помехи  $\zeta^T(t) = (\zeta_1, \dots, \zeta_g)$ , относительно которой априорно известно лишь, что

$$\zeta(t) \in P(t) \quad \forall t \in [t_s, \theta], \quad (12)$$

где  $P(t)$  – заданное нестационарное множество, гарантированно содержащее все возможные реализации такой помехи.

Тогда в процессе формирования  $u(t)$  вместо  $x(t)$  используется информационный сигнал

$$\chi(t) = \chi[x(t), \zeta(t)] \quad \forall t \in [t_s, \theta], \quad (13)$$

а, вследствие инерционности элементов регулятора, сам этот процесс описывается дифференциальным уравнением вида

$$\dot{u}(t) = \varphi[\chi(t), u(t), v(t), \lambda(t), t] \quad \forall t \in [t_s, \theta]; \quad u(t_s) = u^s \quad (14)$$

Совокупность уравнений (10), (13) и (14) полностью описывает процессы в замкнутой системе, для характеристики возмущений которой может быть введен  $(h + q + g)$ -мерный расширенный вектор

$$w(t) = w\{v(t), \lambda(t), \zeta(t)\} \quad \forall t \in [t_s, \theta] \quad (15)$$

относительно которого известна лишь априорная оценка вида

$$w(t) \in W(t) \quad \forall t \in [t_s, \tau], \quad (16)$$

где  $W(t)$  – априорно заданное множество, ограничивающее возможные реализации  $w(t)$  такое, что

$$W = V \times \Sigma \times P \quad \forall t \in [t_s, \theta]. \quad (17)$$

Тогда окончательно управляемое возмущённое движение МЛП может быть описано моделью

$$\dot{x}(t) = f[x(t), u(t), w(t), t] \quad \forall t \in [t_s, \theta]; \quad x(t_s) = x^s \quad (18)$$

Любая частная интегративная цель движения  $A_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k} \quad \forall k \in \overline{[1, n]}$ ;  $\mu, \nu, \rho,$

$\dots, \omega \in \overline{[1, N]}$  может быть формализована [3] приведением его в некоторый, априорно не фиксированный, определяемый движением системы момент  $\tau \in [t_s, \theta]$ , на целевое множество  $G$ , на котором соблюдается равенство вида

$$x(\tau) = x^f, \quad (19)$$

означающее достижение терминальной цели. В этом выражении дополнительно обозначено:  $\tau, x^f$  – момент, когда это равенство соблюдено впервые, а также значение вектора состояния системы в этот момент.

Вследствие нестационарности параметров МЛП, при адаптивном управлении его движением наряду с решением задачи собственно такого управления, а точнее – для более

корректного её решения, должна также (непосредственно в процессе движения), в общем случае, проводиться идентификация  $\lambda(t)$ , но лишь в объёме, необходимом для решения основной задачи управления. Пусть в некоторый момент  $t_j$  реализовался и опознан класс обстановки  $C_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k} \forall k \in \overline{[1, n]}$ ;  $\mu, \nu, \rho, \dots, \omega \in \overline{[1, N]}$  которому, согласно (5), (8) и (9)

соответствует (как отмечалось, неоднозначно) цель движения  $A_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k}$   
 $\forall k \in \overline{[1, n]}$ ;  $\mu, \nu, \rho, \dots, \omega \in \overline{[1, N]}$  и структура регулятора  $S_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k}$

$\forall k \in \overline{[1, n]}$ ;  $\mu, \nu, \rho, \dots, \omega \in \overline{[1, N]}$ . В предположении игрового подхода к решению задачи, эта структура призвана обеспечить реализацию минимаксного соотношения типа

$$I = \inf_{u(\bullet)} \sup_{w(\bullet)} \left\{ \int_{t_s}^{\tau} \xi [u(\bullet), w(\bullet)] \cdot dt : u(\bullet) \in U, w(\bullet) \in W, t \in [t_s, \tau] \right\}, \quad (20)$$

где  $I$  – интегральный показатель качества управления;

$\xi$  – заданная функция своих аргументов.

При этом вид функционала  $\Phi$ , определяющего качество адаптации движения, должен быть выбран так, чтобы одновременно учесть успешность решения как задачи собственно адаптивного управления, так и подчинённой ей задачи идентификации параметров МЛП. Пусть, исходя из  $A_{\underbrace{\mu\nu\rho\dots\omega}_k} \forall k \in \overline{[1, n]}$ ;  $\mu, \nu, \rho, \dots, \omega \in \overline{[1, N]}$ , выбран

функционал  $I$ , описываемый соотношениями (20) и характеризующий эффективность решения задачи формирования оптимальной стратегии управления  $\Xi$ . Качество решения подчинённой задачи идентификации в момент  $t_j$  может быть оценено значением функционала

$$J(t_j) = \Psi[x(t_i), u(t_i)] \quad \forall t_i < t_j, \quad (21)$$

зависящим от имеющихся значений  $x(t_i)$  и  $u(t_i)$ , то есть от полученной ранее оценки  $\Lambda(t_i)$  вектора  $\lambda(t_i)$ , и уменьшающимся при таком выборе  $u(t)$ , который позволяет улучшить эту оценку. Тогда, в общем случае, качество функционирования адаптивной идентификационной оптимальной системы управления может быть объективно оценено с помощью векторного критерия качества

$$\Phi = \left\| \begin{matrix} I \\ J \end{matrix} \right\|. \quad (22)$$

Введя обозначения

$$\tilde{u} = \arg \min_{u(\bullet)} \{I\} \quad (23)$$

и

$$\hat{u} = \arg \min_{u(\bullet)} \{J\}, \quad (24)$$

констатируем, что, в общем случае,

$$\tilde{u} \neq \hat{u} \quad (25)$$

и, следовательно, задача минимизации векторного критерия качества не имеет однозначного решения. Поэтому, полагая, что  $I$  и  $J$  приведены к безразмерному виду, задачу векторной оптимизации

$$\min_{u(\bullet)} \{ \Phi \} \quad (26)$$

сведём к задаче скалярной оптимизации [4]

$$\min_{u^{(\bullet)}} \{ \Gamma \} \quad (27)$$

со скалярным показателем качества

$$\Gamma = \psi \cdot I + (1 - \psi) \cdot J \quad \forall \psi \in [0, 1] \quad (28)$$

Тогда, в зависимости от значения  $\psi$ , возможны три качественно различные режима управления движением МЛП:

- $\psi = 1$  – режим оптимального безыдентификационного управления, когда  $\Xi^C$  выбирается из условия минимизации только  $I$ ;
- $\psi = 0$  – режим активной оптимальной идентификации, когда  $\Xi^E$  выбирается из условия минимизации только  $J$ ;
- $0 < \psi < 1$  – режим дуального управления, в котором, на основании принятого компромисса  $\Xi^V$ , одновременно достигаются цели адаптации и идентификации.

Иной подход к выбору компромиссного решения состоит в отыскании  $\Xi^V$  из условий минимизации только  $I$ , но с последующим наложением на эту стратегию ограничений, вытекающих из анализа  $J$ . Такими ограничениями, например, может служить требование выполнения условия

$$I(t_j) < I(t_i) \quad \forall t_j > t_i. \quad (29)$$

Для обеспечения возможности решения подчинённой задачи идентификации параметров системы, работающий в дуальном режиме, её адаптивный идентификационный регулятор должен генерировать последовательности апостериорных улучшающихся оценок  $\Lambda(t)$  вектора параметров системы  $\lambda(t)$ . Исходными данными для построения таких оценок могут служить имеющиеся в момент  $t_s$  начала наблюдения априорные оценки  $\Lambda^s(t_s)$  и  $\dot{\Lambda}$  упомянутого вектора, а также скорости его изменения. В начале движения, на основании реализовавшихся  $x^s$ , системой будут отработаны начальные значения  $u_s$ . Под воздействием их, а также реализовавшихся возмущений  $w(t_s)$  система будет переведена в новое состояние, характеризуемое вектором  $x(t_i)$ ,  $t_i > t_s$ . После его измерения уравнениями (18), в пространстве параметров  $\{\lambda(t)\}$

будет определено множество  $\tilde{\Lambda}^s(t_i)$  такое, что

$$\tilde{\lambda}(t_s) \in \tilde{\Lambda}^s(t_i). \quad (30)$$

Тогда из оценок  $\Lambda^s(t_s)$  и  $\tilde{\Lambda}^s(t_i)$  может быть получена апостериорная оценка  $\Lambda^s(t_i)$  такая, что

$$\lambda^V(t_s) \in \Lambda^s(t_i) = \tilde{\Lambda}^s(t_i) \cap \Lambda^s(t_s). \quad (31)$$

В двух последних соотношениях  $\tilde{\lambda}(t_s)$ ,  $\lambda^V(t_s)$  – последовательно получаемые улучшающиеся оценки начального состояния системы. В тот же момент  $t_i$  может быть построена и оценка её текущего состояния

$$\lambda(t_i) \in \Lambda(t_i) = \Lambda^s(t_i) + \dot{\Lambda}, \quad (32)$$

где сумма независимых множеств  $\Lambda^s(t_i)$  и  $\dot{\Lambda}$  понимается как сумма по Минковскому. Совершенно аналогично, в любой момент  $t_j > t_i$  может быть получена оценка

$$\lambda^{\vee}(t_j) \in \Lambda^i(t_j) = \tilde{\Lambda}^i(t_j) \cap \Lambda^i(t_j). \quad (33)$$

На её основании регулятором будут отработаны управляющие воздействия  $u(t_j)$ , переводящие МЛП в состояние  $x(t_j)$ . После его измерения уравнением (18) в пространстве  $\{\lambda(t)\}$  определяется множество  $\Lambda^j(t_j)$ . Далее, аналогично описанному, строится оценка прогнозируемого значения  $\lambda(t_j)$  в виде

$$\lambda(t_j) \in \Lambda^j(t_j) = \tilde{\Lambda}^j(t_j) \cap \Lambda^j(t_j). \quad (34)$$

Затем построения вида (33) и (34) повторяются для всё новых значений  $t_i$  и  $t_j$ . Такая процедура построения  $\Lambda^j(t_j) \quad \forall t_j \rightarrow \infty$  не может быть расходящейся [5].

Таким образом, задача приспособляемости движения МЛТ к обстановке может быть решена с применением методов структурной адаптации, а также теории игр, то есть подхода, базирующегося на концепции гарантированного результата.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Корнев Г.В. Очерки механики целенаправленного движения / Г.В. Корнев. – М.: Наука, 1980. – 192 с.
2. Кунцевич В.М., Лычак М.М. Адаптивное управление статистическими объектами с неизвестными и переменными во времени параметрами / В.М. Кунцевич, М.М. Лычак // Кибернетика и вычислительная техника. – 1981. – Вып. 53. – С. 31-39.
3. Кейн В.М., Смуров М.Ю. Управление самолётом на посадке в условиях неопределённости / В.М. Кейн, М.Ю. Смуров // Методы и средства навигации в УВД. – Л.: Изд-во Академии ГА, 1980. – С. 37-45.
4. Статистические модели и многокритериальные задачи принятия решения / Под ред. И.Ф. Шиханова. – М.: Статистика, 1979. – 184 с.
5. Кунцевич В.М. Синтез оптимальных и адаптивных систем управления. Игровой подход / В.М. Кунцевич, М.М. Лычак. – К.: Наук. думка, 1985. – 245 с.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТОВ В АВИАКОМПАНИИ «РОЗА ВЕТРОВ»**

Рехман А.В.

Государственная летная академия  
(Кировоград, Украина)

Планирование воздушного движения представляет собой разработку и реализацию мероприятий, направленных на сбор, обработку информации о характере предлагаемого ВД, с целью приведения в соответствие потребностей в ВД с пропускной способностью элементов системы УВД и создания условий, обеспечивающих безопасность и технико-экономическую эффективность полетов, а также предпосылок для осуществления УВД с необходимым качеством.

Данная цель достигается необходимой организацией планирования ВД, в основу которой положен ряд общесистемных принципов, конкретизируемых с учетом специфических особенностей реализации процессов планирования.

Эффективность применяемого в настоящее время процесса планирования полетов в значительной степени зависит от того, насколько разработанный маршрут полета близок к оптимальному варианту с точки зрения достижения целей полета, использования времени экипажа и других ресурсов, обеспечения надежности. Причем маршрут полета должен составляться с тем расчетом, чтобы на любом его этапе при возникновении неблагоприятной ситуации была обеспечена возможность продолжения полета для достижения поставленной на этом этапе цели. В связи с этим разработке и практическому внедрению систем планирования полетов уделяется большое внимание.

В современных человеко-машинных комплексах планирования полетов наблюдается противоречие между сложностью систем планирования, объемом перерабатываемой информации, многовариантностью принимаемых решений, наконец, требуемой глубиной проработки планов, с одной стороны, и слабой изученностью особенностей процесса планирования полета, недостаточной проработкой общей теории планирования полета, а также примитивностью традиционной «ручной» технологии планирования, с другой стороны. Это противоречие приводит к несоответствию между необходимым и фактическим уровнями обеспечения работ по планированию, что в свою очередь влечет за собой построение недостаточно гибких и не полностью сбалансированных планов, ухудшение качества планирования полетов в целом.

Средством устранения указанного противоречия призвана служить автоматизация планирования полета, направленная на:

- повышение качества планирования за счет увеличения объема учитываемой информации и числа рассматриваемых вариантов плана;
- более глубокую проработку и оптимизацию создаваемых планов;
- повышение гибкости и оперативности планирования за счет использования предварительно выделенных элементов планирования, их тщательной проверки на совместимость, обеспеченность ресурсами, выполнение различного рода ограничений;
- более детальную проработку состава полетных операций и связей между ними на начальных этапах планирования.

Несмотря на то, что в наше время существует множество автоматизированных программ по обеспечению и планированию полетов, наиболее известные из них – это Flight Star, Jet Planner, NAVTEK, OPs Control, каждая из них имеет свои недостатки при обеспечении планирования.

В процессе исследования работы одной из таких программ, а именно программы планирования полетов Jet Planner, которая имеет широкое применение в авиакомпании WINDROSE, был выявлен ряд проблем, связанных с обеспечением эффективности

планирования, основными причинами возникновения которых являются недостатки данной программы, которые включают следующее:

- программа при составлении маршрутов не учитывает расходы авиакомпании по обслуживанию ВС в аэропортах и по трассе, то есть прокладывает маршруты без учета сборов за пролет по воздушному пространству того или иного государства, что является не совсем выгодно с экономической точки зрения при расчете стоимости рейса авиакомпании;

- программа при прокладке маршрута не учитывает стоимость заправки ВС в различных аэропортах, что также значительно отражается на расходах авиакомпании;

- программа не определяет период действия зон ограничения полетов, запретных зон, опасных зон, поэтому при обнаружении на маршруте таких зон прокладывает маршрут вне этих зон, что также иногда приводит к излишним затратам авиакомпании на выполнение того или иного рейса.

Вышеперечисленные факторы отрицательно влияют на оперативность и надежность планирования полетов. Необходимость их комплексного решения обусловила разработку новых методов и автоматизацию планирования полетных операций, которые не учитывает данная программа.

Поэтому, целесообразным для усовершенствования системы планирования авиакомпании WINDROSE было создание единой БД по недостаткам, предъявленным программой Jet Planner, что позволит повысить надежность, эффективность планирования полетов, а также сократит сроки осуществления планирования полета.

*Цели создания:*

- повышение качества планирования полета за счет существенного увеличения объема учитываемой информации и числа рассматриваемых вариантов планируемых маршрутов;

- более глубокую проработку и оптимизацию создаваемых планов в целом;

- повышение гибкости и оперативности планирования за счет использования предварительно выделенных элементов планирования (полетных операций), их полной и тщательной проверки на совместимость, обеспеченность ресурсами, выполнение различного рода ограничений;

- освобождение персонала планирования от рутинной составляющей работы, такой как поиск в различных документах информации по аэронавигационным, аэропортовым сборам, а также по отслеживанию периодов действия зон ограниченного доступа ВП.

Данная автоматизированная система позволяет значительно облегчить работу сотрудников отдела планирования и избавить их от такой рутинной работы, как поиск в различных документах информации по аэронавигационным, аэропортовым сборам, а также по отслеживанию периодов действия зон ограниченного доступа ВП.

Данная БД также позволяет значительно ускорять процесс планирования маршрута полета при помощи программы Jet Planner, которая на данный момент широко используется авиакомпанией.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Корнеев В.В., Гареев А.Ф., Васютин С.В., Райх В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. – М.: Нолидж, 2000. – 352 с.

2. Неделько В.Н. Методы и средства компьютерных информационных технологий. – М., 2005. – 23 с.

3. Лебедев С.Б. Основы теоретической подготовки диспетчеров по обеспечению полетов. – М.: Киев, 2005. – 796 с.

## СИНТЕЗ ЕФЕКТИВНОГО КОДУ ПРОГРАМ У КОМПІЛЯТОРАХ

Салапатов В.І.

Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького  
(Україна)

**Вступ.** Незважаючи на величезні досягнення в мікропроцесорній техніці, внутрішньому структурному вдосконаленню сучасних комп'ютерів та, як наслідок, підвищення їхньої продуктивності, проблема створення ефективного коду програм все ще залишається актуальною. Особливо це стосується вбудованих у спеціалізовані прилади та системи мікропроцесорів, які працюють у реальному часі і потребують великих обсягів обчислень за обмежений квант часу, до того ж, з невеликою за розміром оперативною пам'яттю. Сучасні системи компіляції все ще породжують надлишковий машинний код програм, який перевищує їх асемблерний еквівалент як мінімум вдвічі. Створення програм на рівні мови Асемблер є достатньо складною і важкою задачею. Частково ця проблема вирішується так, що основна частина програми створюється на мові високого рівня, а найбільш критичні її ділянки складаються на Асемблері. Але в повній мірі ця проблема все ще залишається до кінця не вирішеною і тому все ще актуальною. Задача полягає в ефективній інтерпретації операторів мови низкою асемблерних команд цільового мікропроцесора (ЦМП). Для цього необхідно, щоб компілятор відтворював дії кваліфікованого програміста щодо ефективного використання програмно доступних регістрів (ПДР).

**Аналіз надмірності машинного коду програм.** У результаті аналізу машинного коду програм, що породжуються сучасними компіляторами, були встановлені такі основні причини його надмірності. По-перше, це використання стандартних програмно доступних регістрів конкретного ЦМП, а також стандартних програмних заготовок для реалізації мовних конструкцій. По-друге, це урахування не в повній мірі особливостей архітектури ЦМП та його системи команд, що породжує непотрібні команди пересилок. По-третє, неповноцінне використання даних, що залишаються в ПДР від породження попередніх мовних конструкцій програми, що також призводить до породження зайвих пересилок. І, нарешті, по-четверте, це неефективне використання стеку, в якому зберігаються та в подальшому відновлюються у ПДР певні дані, які можуть бути використані як операнди при породженні наступних кодів машинних команд. На жаль, сучасні компілятори все ще не враховують у повній мірі усі перелічені чинники, тому проблема в цілому поки ще не вирішена. Для породження ефективного машинного коду компілятор повинен мати інформацію про систему команд та особливості архітектури ЦМП. Крім того, в кожному місці програми компілятор повинен у максимальній мірі використовувати дані в ПДР, які є інформаційними ресурсами (ІР) і можуть бути використані у вигляді операндів для породження операторів машинних команд, що реалізують наступні мовні конструкції програми. При цьому для породження ефективного машинного коду необхідно в повному обсязі використовувати інформацію про систему команд та особливості архітектури ЦМП з метою використання усіх можливих ПДР, а не лише тих, що використовуються стандартно. У зв'язку з цим у багатьох випадках відпадає потреба у породженні команд збереження в стеку та наступного відновлення з нього деяких даних, які повинні використовуватись у подальшому. ПДР відіграють роль кеш-пам'яті, де готуються операнди для машинних команд, тому до них, як до кешу треба застосовувати відповідні дисципліни обслуговування, а саме – додавання, витіснення та заміщення даних. Для ілюстрації наведених міркувань розглянемо простий приклад програми на мові С, який складається з п'яти операторів визначення змінних з початковими значеннями та одного оператора присвоєння після обробки її фірмовим компілятором для цифрового сигнального процесора ADSP-2188, породжує відповідний асемблерний еквівалент.

```
int E; int A = 3; int B = 2; int C = 5; int D = 4;
```



$$E = (A+B) * 5 + (C-B)*D;$$

Компілятор фірми Analog Device породжує наступні оператори Асемблера. Тут перші 10 операторів являють собою підготовку значень та адрес змінних і не підлягають оптимізації, а решта команд реалізують оператор присвоєння.

```
AR = 3;
I6=-5;MODIFY(I6+=M4); DM(I6+=M6)=AR;
AR=PASS 2; // B
I6= -4; MODIFY(I6+=M4); DM(I6+=M6)=AR;
AR=5; // C
I6 = -3; MODIFY(I6+=M4);DM(I6 +=M6)=AR;
AR=PASS 4; // D
I6= -2; MODIFY(I6+=M4); DM(I6 +=M6)=AR;
I6 = -4; MODIFY(I6+=M4); AY1=DM(I6+=M6); // B
I6 = -3; MODIFY(I6+=M4); AX1=DM(I6+=M6); // C
AR = AX1 - AY1;
I6 = -2; MODIFY(I6 +=M4);MY1=DM(I6+=M6); // D
MR = AR * MY1(SS);
I6 = -5; MODIFY(I6 += M4);
AX0 = DM(I6 +=M6); // A
AR = AX0+AY1; MY0 = 5;
AY0 = MR0 ;
MR0 = AY0 ;//-----
MR = MR+AR* MY0(SS); AR=MR0 ;//-----
I6 = -6; MODIFY(I6 +=M4); // -----
DM(I6 += M6) = AR; // -----E
```

Три рядки операторів, які виділені коментарями з пунктирами, новим компілятором спрощуються наступним чином.

```
I6 = -6;
MODIFY(I6 += M6);
MR=MR+AR*MY0(SS), DM(I6+=M6)=MR0;
```

Як бачимо, шість операторів Асемблера, що породжуються фірмовим компілятором, замінюються на три оператори, які виконують ті ж самі дії. Причому останній оператор об'єднує дії множення-додавання та пересилки. При створенні більш складних програм ефективність коду стає більш відчутною.

**Синтез оптимального машинного коду програм.** Для того, щоб компілятор виконував дії з породження ефективного машинного коду, які перелічені вище й притаманні сучасним компіляторам, він повинен мати дані про опис машинних команд та особливості архітектури ЦМП, а також інформацію про дані, що знаходяться у ПДР у кожному місці програми [1]. Стосовно оптимального використання стеку для збереження та відновлення певних даних у ПДР, то з перелічених дисциплін обслуговування найбільший інтерес являє собою заміщення, оскільки додавання та витіснення не пов'язано із збереженням та наступним відновленням ПДР. Як бачимо, шість операторів Асемблера, що породжуються фірмовим компілятором, замінюються на три оператори. Причому останній оператор об'єднує дії множення-додавання з пересилкою. Для більш складних програм ефективність коду буде ще більш відчутною.

Заміщення ПДР пов'язано з обмеженою їх кількістю і повинно розглядатися лише на обмеженій ділянці програми. Це можуть бути тіла циклів, оператори присвоєння та обчислення виразів у складних мовних конструкціях. Так, припустимо, що на визначеній ділянці програми в деякий момент її виконання (компіляції) будуть задіяні всі ПДР  $R_{i,j}$ . Перший індекс вказує на номер групи ПДР, а другий – на номер регістру в групі. Отже, маємо низку змінних, які в деякий момент виконання програми знаходяться в ПДР. У конкретній мовній конструкції вони використовуються в певній послідовності по кілька

разів, наприклад,  $V_1, V_2, V_1, V_3, \dots, V_r$ . Оптимальне заміщення пов'язано з мінімальним зверненням (записом та читанням) до стеку. При цьому спочатку розглядаються ті змінні, що знаходяться першими в списку змінних для обраного програмного фрагменту (в нашому випадку це  $V_1$ ). Далі, треба визначити останнє використання цієї змінної у списку. Якщо деякий ПДР  $R_{k,m}$ , в якому міститься змінна, використовується у визначеній ділянці програми ближче до початку списку, то він має бути збережений та згодом відновлений, тобто витіснений, для завантаження новим операндом. Таким чином, у ПДР залишаються лише ті змінні, які будуть необхідні для програмної реалізації обраного фрагменту в першу чергу.

Внутрішнє подання програми являє собою низку операторів, що являють собою модифікований трьохадресовий код [2]. Список змінних для мовних конструкцій створюється компілятором для поточного фрагменту після машинно-незалежної оптимізації програми та оновлюється для наступного фрагменту. Ці оператори за семантикою являють собою машинні команди ЦМП із вказівкою змінних, що використовуються як операнди, але без посилання на конкретний її формат. Процес формування асемблерного еквівалента програми з урахуванням наявних IP та порядком використання змінних у програмному фрагменті охоплює формування допоміжних команд, які мають підготувати операнди згідно з існуючими форматами машинних команд, поданий на малюнку. Цей процес фактично являє собою синтез асемблерних машинних операторів та, відповідного, машинного коду з урахуванням таких складових, як формати команд з їхніми видами адресації та наявних на даний момент компіляції/виконання програми IP.

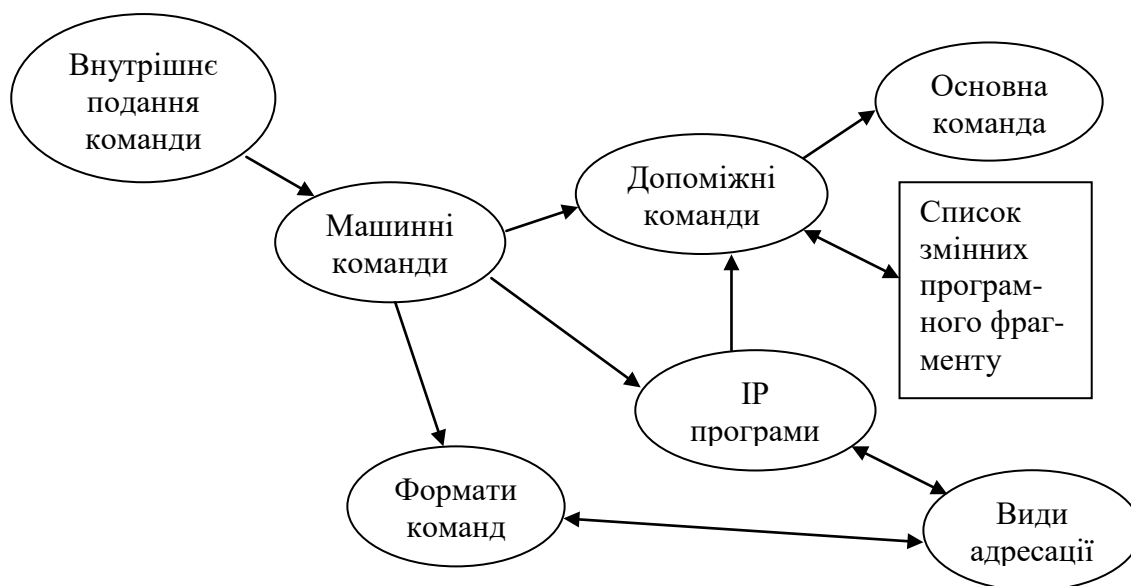


Рисунок 1 – Узагальнений процес синтезу машинного коду

Двосторонні стрілки на діаграмі означають перегляд для IP видів адресації операнда, а для форматів команд – наявність адресації IP в одному з форматів конкретної машинної команди. Стосовно списку змінних, то по мірі використання деякої змінної ця змінна викреслюється із списку. Цей процес продовжується до повного завершення програмного фрагменту. Допоміжні машинні команди формують операнди для основної команди із семантикою команди внутрішнього подання і разом з основною командою програмно її реалізують і на останній фазі – синтезу оптимального машинного коду, мають перетворитися в остаточний код програми із формуванням об'єктного файлу. Множина верхівок (IP програми) цього підграфу разом з форматами команд та видами адресації і списком змінних визначає поточний стан програми для ЦМП, який, головним чином, залежить від наявності IP. Стани цього автомату повинні визначатися вмістом ПДР

ЦМП, а також станом та вмістом стеку. Треба зазначити, що при кожному використанні змінної в разі заміщення вона викреслюється із списку змінних у відповідному місці і порядок заміщення ПДР в разі потреби визначається заново.

Стосовно нашої задачі щодо побудови якісного компілятора, то для кожної мовної конструкції необхідно мати подібні діаграми. Далі, в процесі обробки таких діаграм змінюється список змінних фрагменту програми, а також IP, оскільки ПДР можуть оновлюватись при породженні асемблерних операторів. Таким чином, ускладнивши процес формування машинного коду з метою його оптимізації, компілятор має сформувати програмний код, який буде максимально наближений до його ефективного асемблерного еквіваленту. Треба зазначити, що надмірність машинного коду, яка породжується компіляторами, пов'язана саме з генерацією непотрібних команд, які реалізують блоки збереження та відновлення ПДР, а також зайвих команд завантаження даних у стандартні ПДР у якості операндів для породження машинних команд, що реалізують потрібну мовну конструкцію. Збереження та відновлення даних стандартно виконується через стек. Тому у верхівці стеку мають бути розміщені (збережені) ті дані, які повинні бути використані одразу ж після реалізації поточного програмного фрагменту. Стандартне використання конкретних ПДР у класичних компіляторах також є однією з причин надмірності машинного коду, тому що потрібна інформація для синтезу поточних кодів команд може вже знаходитись від синтезу попередніх команд в інших ПДР, з урахуванням того, що формат потрібних команд дозволяє використання цих ПДР.

**Висновки.** За описаною методикою створений компілятор мови С для сигнального мікропроцесора ADSP-2188 підтвердив правильність основних її положень щодо синтезу оптимального машинного коду програм. Оптимальність машинного коду залежить від обраного критерію оптимальності та відповідної цільової функції. Для ADSP-2188 оптимальність вироджується до мінімуму пам'яті під програмний код через стандартну довжину машинних команд та однаковий час їх виконання. У порівнянні із стандартним фірмовим компілятором мови С розмір програм зменшується, як мінімум, удвічі якраз завдяки багаторазовому використанню IP та усуненню непотрібних команд пересилок, збереження та відновлення даних. Компілятор на останній фазі своєї роботи фактично моделює дії кваліфікованого програміста, який створює програми за допомогою мови Асемблер для ЦМП. Таким чином, цілком доцільно останню фазу роботи компілятора – генерацію машинного коду замінити на запропоновану фазу синтезу машинного коду, яка усуває надмірність машинного коду програм. З іншого боку, програмна реалізація компілятора за такою методикою підвищує його складність.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Салапатов В.І. Подання даних для синтезу коду у нормалізованому вигляді. // Вісник Черкаського інженерно-технологічного університету. – № 3. – Черкаси, 2001. – С. 96-99.
2. Салапатов В.І. Реляційна модель даних про внутрішнє уявлення програм. // Вісник національного технічного університету України «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – № 47. – Київ, 2007. – С. 146-152.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ

Саушев А.В., Шошмин В.А., Бова Е.В.

Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций  
(Россия)

**Введение.** В большинстве случаев реальные электромеханические системы (ЭМС), основу которых составляют автоматизированные электроприводы, представляют собой сложные динамические системы, механическая часть которых состоит из вращающихся масс и содержит упругие связи. В докладе рассматриваются методы моделирования многомассовых механических систем, основанные на использовании электрической аналогии.

**Актуальность исследований.** При моделировании и исследовании сложных ЭМС их механическая часть обычно сводится путем преобразований и упрощений к одномассовой или двухмассовой модели. Известные формулы такого преобразования являются приближенными и не учитывают демпфирования упругих колебаний. В докладе рассматривается метод электрической аналогии, повышающий точность таких преобразований и позволяющий моделировать механическую часть ЭМС без ее существенного упрощения.

**Постановка задачи.** В докладе ставится и решается задача разработки единого подхода к моделированию электрической и механической частей ЭМС, включая вывод формул, позволяющих упростить исходные расчетные схемы механической части системы с учетом демпфирования механических колебаний.

**Результаты исследований.** Для реализации единого подхода к моделированию электрической и механической частей ЭМС введем в рассмотрение понятия механического сопротивления и проводимости. Под механическим сопротивлением будем понимать отношение операторных изображений крутящего момента к угловой скорости соответствующего элемента системы  $Z_{\text{мех}}(P) = \tilde{Z}(P) = M(P)/\omega(P)$ . Для  $k$ -той

вращающейся массы, имеющей момент инерции и потери на трение:  $\tilde{Z}(P) = J_k P + \beta_k$ . Для упругого элемента, расположенного между  $k$ -той и  $(k+1)$ -массами:  $\tilde{Z}_{k,k+1}(P) = c_{k,k+1}/P + \beta_{k,k+1}$ . Механическая проводимость определяется формулой:

$$Y_{\text{мех}}(P) = \tilde{Y}(P) = 1/\tilde{Z}(P) \quad (1)$$

В общем случае для  $n$  вращающихся масс расчетная схема цепной механической системы привода будет иметь вид, как показано на рис. 1.

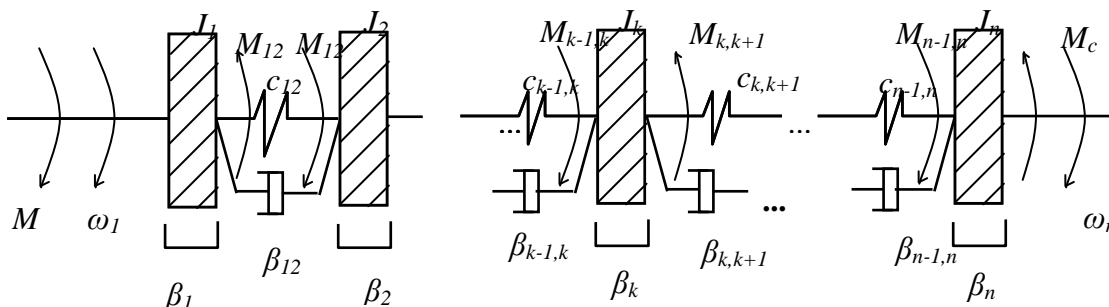


Рисунок 1 – Расчетная схема  $n$ -массовой механической системы привода

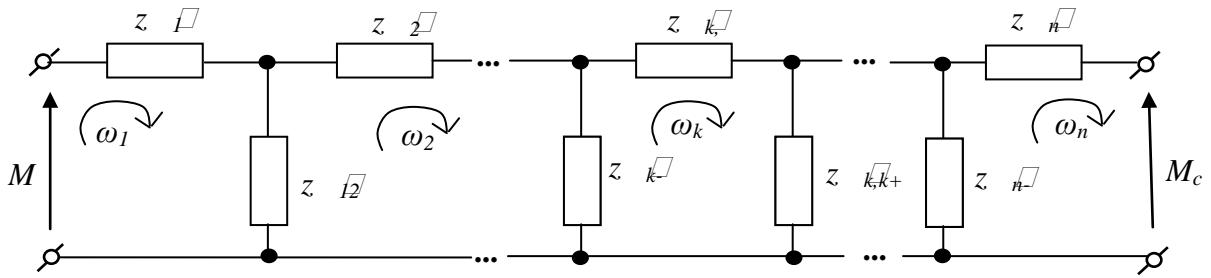


Рисунок 2 – Структурная цепная механическая схема n-массовой системы привода

С учетом введенных понятий механических сопротивлений и проводимости этой схеме будет соответствовать структурная цепная схема, приведенная на рис. 2. Здесь роль токов играют угловые скорости вращающихся масс, а роль напряжений (ЭДС) моменты. Для уменьшения числа элементов и связей применяется эквивалентная замена двух инерционных элементов с общей упругой связью на инерционный элемент с двухсторонней упругой связью и наоборот.

В докладе рассматривается вывод формул таких преобразований, учитывающих демпфирование упругих колебаний в системе. При эквивалентной замене одного инерционного элемента с двухсторонней упругой связью на два элемента с общей связью, т.е., при переходе от (k+1)-массовой системы к k-массовой системе, получим следующие расчетные формулы:

$$J'_{k-1} = J_{k-1} + J_k \frac{e_{k,k+1}}{e'_{k-1,k}}; \quad J'_k = J_{k+1} + J_k \frac{e_{k-1,k}}{e'_{k-1,k}}; \quad e'_{k-1,k} = e_{k-1,k} + e_{k,k+1};$$

$$\beta'_{k-1} = \beta_{k-1} + \beta_k \frac{e_{k,k+1}}{e'_{k-1,k}}; \quad \beta'_k = \beta_{k+1} + \beta_k \frac{e_{k-1,k}}{e'_{k-1,k}};$$

$$\beta'_{k-1,k} = \frac{\beta_{k-1,k} e_{k-1,k} + \beta_{k,k+1} e_{k,k+1}}{e_{k-1,k} + e_{k,k+1}} - \frac{e_{k-1,k} e_{k,k+1}}{(e_{k-1,k} + e_{k,k+1})^2} (\beta_{k-1} + \beta_k + \beta_{k-1,k})$$

Здесь  $J$ ,  $e$ ,  $\beta$  – соответственно момент инерции массы, податливость и коэффициент вязкого трения упругой связи.

При эквивалентной замене двух инерционных элементов с общей упругой связью на один инерционный элемент с двухсторонней упругой связью получим следующие расчетные формулы:

$$J'_k = J_k + J_{k+1}; \quad \beta'_k = \beta_k + \beta_{k+1}; \quad e'_{k-1,k} = e_{k-1,k} + e_{k,k+1} \frac{J_{k+1}}{J'_k};$$

$$e'_{k,k+1} = e_{k+1,k+2} + e_{k,k+1} \frac{J_k}{J'_k};$$

$$\beta'_{k-1,k} = \left( \beta_k + \beta_{k,k+1} \frac{J'_k}{J_{k+1}} \right) \left( \frac{e_{k,k+1} J_{k+1}}{e'_{k-1,k} J'_k} \right)^2 + \beta_{k-1,k} \left( \frac{e_{k-1,k}}{e'_{k-1,k}} \right)^2;$$

$$\beta'_{k,k+1} = \left( \beta_{k+1} + \beta_{k,k+1} \frac{J'_k}{J_k} \right) \left( \frac{e_{k,k+1} J_k}{e'_{k,k+1} J'_k} \right)^2 + \beta_{k,k+1} \left( \frac{e_{k,k+1}}{e'_{k,k+1}} \right)^2$$

Аналогия с электрическими цепями позволяет на основании эквивалентной расчетной схемы и соответствующей ей структурной цепной схемы  $n$ -массовой механической системы привода сразу же записать систему операторных уравнений, описывающих ее динамику. В докладе рассматриваются формы записи таких уравнений и способы получения передаточных функций без преобразования структурных схем.

**Выводы.** Предлагаемый подход позволяет с единых позиций моделировать электрическую и механическую части ЭМС как в операторной форме записи, так и в пространстве состояний. При этом повышается достоверность моделирования за счет увеличения точности моделей механической части ЭМС.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Саушев А.В. Математическое описание механической системы электропривода. – СПб.: СПГУВК, 2010. – 216 с.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И УСЛОВНОЙ СТОИМОСТИ СМЕШАННЫХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПРОХОДНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП МЕХАНИЧЕСКИХ СУДОВЫХ СИСТЕМ

Свешников В.В.

Академия военно-морских сил им. П.С. Нахимова  
(Севастополь, Украина)

**Введение.** Судовая система (СС) является тем звеном, которое связывает в единый комплекс все виды вооружения и оборудования, обеспечивая им эмерджентные специфические свойства.

В настоящее время идёт процесс бурного развития новых технических средств, поэтому существующие СС отечественных судов в той или иной степени не отвечают современным требованиям эффективности их функционирования. Это приводит к тому, что суда в экстремальных (ЭУЭ), аварийных (АУЭ) и даже некоторых повседневных (ПУЭ) условиях эксплуатации не всегда могут выполнить поставленные перед ними задачи из-за несовершенства СС и в частности их функциональных групп (ФГ).

ФГ представляет собой совокупность элементов СС, определяющая расчётные величины передаваемой энергии транспортируемого вещества (ТВ) или рабочего тела (РТ), изменение его параметров, физико-химического или агрегатного состояния в зависимости от режима и внешних условий функционирования СС.

Проведённые многолетние исследования [1÷6] показали, что функциональность систем зависит от их ЭУЭ, АУЭ и ПУЭ.

Анализ функциональности общесудовых систем [2÷6] показал, что большинство СС не выполняют поставленные перед ними задачи, особенно в ЭУЭ и АУЭ, снижая эффективность использования вооружения и технических средств судов.

Новизна заключается в оценке эффективности принципиальных схем ФГ СС, влияющей на функциональность СС, в условиях ЭУЭ, АУЭ и ПУЭ, а также оценка условной стоимости (УС) ФГ в поле «цена-качество».

**Цель и задачи исследований.** Целью работы является исследование эффективности функционирования ФГ СС с точки зрения совершенства их структуры построения и определение их стоимости.

Задачи исследования: 1) исследовать эффективность ФГ в ЭУЭ, АУЭ и ПУЭ; оценить эффективность ФГ с разной степенью совершенства их элементов; оценить стоимость ФГ с разной степенью совершенства их элементов.

Функциональность ФГ – вероятность с которой конкретная ФГ обеспечивает функционирование СС. ПУЭ – эксплуатация технических средств (ТС) судна в нормальных (расчётных) условиях. АУЭ – эксплуатация ТС судна в условиях возникновения, течения и ликвидации аварии. ЭУЭ – эксплуатация ТС судна в условиях террора, диверсий, природных катаклизмов, военных действий и пиратства и во время их ликвидации.

**Объекты исследования.** Исследования проводились на впервые разработанных [7] ранее структурных схемах ФГ. При этом, для удобства сравнения, анализировались ФГ одинаковых гипотетических СС.

По схемам построения проходные ФГ разделяются на группы: простую; последовательные; параллельные; смешанную простую; смешанные сложные; параллельно-последовательные; последовательно-параллельные; смешанные универсальные; полусмешанные; полусмешанные сложные; полусмешанные универсальные; параллельно-параллельные; смешанные сложные параллельно-параллельные; смешанные универсальные параллельно-параллельные.

Исследование простой, последовательных, параллельных и смешанных простых групп проведено раньше [8]. В данной работе исследована эффективность функционирования смешанных универсальных структурных схем проходных ФГ СС и дана их сравнительная оценка [9].

Проходная схема ФГ представляет собой открытый или закрытый для прохода ТВ или РТ участок СС, в котором происходит пополнение энергии в одном направлении основной магистрали (ОМ), обеспечивая необходимые спецификационные характеристики СС.

Смешанная универсальная проходная ФГ – ФГ, в которой имеются несколько МА, которые могут соединяться между собой последовательно или параллельно (последовательно-параллельно) в любых сочетаниях и подключённых ОМ на входе и на выходе к КС арматурой (А); при этом в работе могут находиться все или, при параллельном подключении, часть МА. В случае необходимости МА может отключаться от СС.

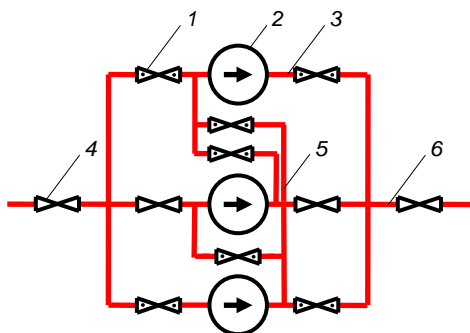


Рисунок 1 – Смешанная универсальная проходная ФГ с тремя МА:  
1 – ОЗА; 2 – МА; 3 – ПТ; 4 – НОА;  
5 – ЗЗА; 6 – ОМ

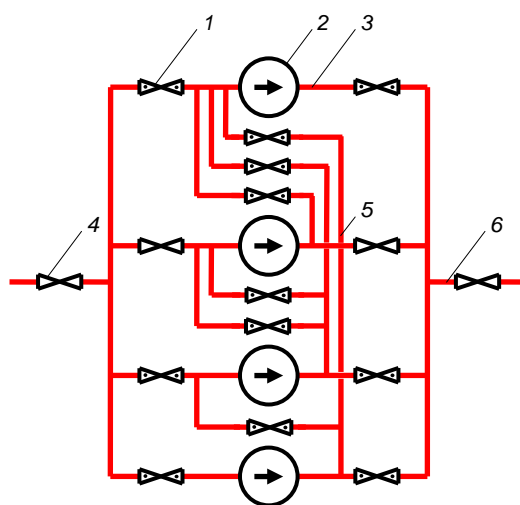


Рисунок 2 – Смешанная универсальная проходная ФГ с четырьмя МА: 1 – ОЗА; 2 – МА; 3 – ПТ; 4 – НОА; 5 – ЗЗА; 6 – ОМ

Смешанная универсальная проходная ФГ с тремя МА – ФГ (рис. 1), в которой имеются на своих параллельных трубопроводах (ПТ) 3 по одному МА 2, которые могут соединяться между собой открытой или закрытой арматурой (ОЗА) 1 в различных вариантах последовательно, параллельно или последовательно-параллельно при помощи соединительных трубопроводов (СТ) 5 и подключённых ОМ 6 на входе и на выходе нормально открытой арматуры (НОА) 4 к СС. Режимы работы ФГ регулируется отключением и подключением А. В случае необходимости МА могут отключаться от СС.

Смешанная универсальная проходная ФГ с четырьмя МА – ФГ (рис. 2), в которой имеются на своих ПТ 3 по одному МА 2, которые могут соединяться между собой ОЗА 1 в различных вариантах последовательно, параллельно или последовательно-параллельно при помощи СТ 5 и подключённых ОМ 6 на входе и на выходе НОА 4 к СС. Режимы работы ФГ регулируются отключением и подключением А. В случае необходимости МА могут отключаться от СС.

**Основные положения совершенства элементов систем.** Для упрощения получения оценок и сравнений различных структур ФГ они приведены для обобщённых элементов СС [8].

Исследования проводятся на гипотетических судах, где все одноимённые элементы ФГ считаются одинаковыми по эффективности функционирования в ЭУЭ, АУЭ и ПУЭ



соответственно. При этом считаем, что элементы каждой СС обладают одинаковой функциональностью в различных условиях эксплуатации. В исследованиях оценивается только конструктивное совершенствование ФГ с точки зрения структуры их построения.

Элементы ФГ могут иметь различное качество изготовления, что также необходимо учитывать при определении функциональностей. Элементы СС называем нормальными, если они выполнены в соответствии с их техническими условиями, соответствующими современному осреднённому состоянию элементов ФГ; упрощённое совершенство – осреднённому снижению количества и качества элементов; улучшенное совершенство – осреднённому повышению качества и количества элементов ФГ в ходе дальнейших опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ.

Повышение совершенства элементов СС на 10% называем небольшим улучшением, на 25% – средним улучшением, а на 50% – большим улучшением. Понижение совершенства на 10% называем небольшим упрощением, на 25% – средним упрощением, а на 50% – большим упрощением.

Для определения оценки функциональности исследуемых ФГ в различных условиях эксплуатации используются эвристически полученные критерии достаточной эффективности их функционирования [5]. Эти критерии выполнения задач обеспечения имеют значения: в экстремальных условиях 0,96; при борьбе за живучесть (во время аварии) 0,84; в повседневной деятельности 0,72. Каждое изделие имеет свой набор основных составляющих его элементов, который учитываем при определении его цены в условных денежных единицах (у. е.).

Стоимости ФГ определяются с помощью качественных оценок их относительной цены: очень низкая – меньше 0,3; низкая –  $0,3 \div 0,6$ ; пониженная средняя –  $0,6 \div 0,9$ ; средняя –  $0,9 \div 1,2$ ; повышенная средняя –  $1,2 \div 1,8$ ; высокая –  $1,8 \div 3,0$ ; очень высокая – больше 3,0.

Более подробно основные положения совершенства описаны в [8] и [10].

**Оценка эффективности функционирования смешанных универсальных проходных функциональных групп механических судовых систем.** Функциональность элементов ФГ СС различного совершенства при ЭУЭ и АУЭ приведена в [8]. В ПУЭ все элементы с большим запасом функционируют эффективно.

Результаты исследования ФГ в различных режимах эксплуатации представлены в табл. 1÷4.

Таблица 1 – Эффективность смешанных универсальных ФГ в ЭУЭ с механизмами

| Функциональность схем ФГ | Качество изготовления элементов ФГ |         |       |            |            |         |         |
|--------------------------|------------------------------------|---------|-------|------------|------------|---------|---------|
|                          | улучшенное                         |         |       | нормальное | упрощённое |         |         |
|                          | большое                            | среднее | малое |            | малое      | среднее | большое |
| с тремя МА               | 0,989                              | 0,983   | 0,980 | 0,978      | 0,975      | 0,972   | 0,966   |
| с четырьмя МА            | 0,989                              | 0,983   | 0,980 | 0,978      | 0,975      | 0,972   | 0,966   |

Таблица 2 – Эффективность смешанных универсальных ФГ в АУЭ с механизмами

| Функциональность схем ФГ | Качество изготовления элементов ФГ |         |       |            |            |         |         |
|--------------------------|------------------------------------|---------|-------|------------|------------|---------|---------|
|                          | улучшенное                         |         |       | нормальное | упрощённое |         |         |
|                          | большое                            | среднее | малое |            | малое      | среднее | большое |
| с тремя МА               | 0,990                              | 0,984   | 0,981 | 0,979      | 0,976      | 0,973   | 0,967   |
| с четырьмя МА            | 0,990                              | 0,984   | 0,981 | 0,979      | 0,976      | 0,973   | 0,967   |

Таблица 3 – Эффективность смешанных универсальных ФГ в ЭУЭ с аппаратами

| Функциональность схем ФГ | Качество изготовления элементов ФГ |         |       |            |            |         |         |
|--------------------------|------------------------------------|---------|-------|------------|------------|---------|---------|
|                          | улучшенное                         |         |       | нормальное | упрощённое |         |         |
|                          | большое                            | среднее | малое |            | малое      | среднее | большое |
| с тремя МА               | 0,989                              | 0,983   | 0,980 | 0,978      | 0,976      | 0,972   | 0,967   |
| с четырьмя МА            | 0,989                              | 0,983   | 0,980 | 0,978      | 0,976      | 0,972   | 0,967   |

Таблица 4 – Эффективность смешанных универсальных ФГ в АУЭ с аппаратами

| Функциональность<br>схем ФГ | Качество изготовления элементов ФГ |         |       |                 |            |         |         |
|-----------------------------|------------------------------------|---------|-------|-----------------|------------|---------|---------|
|                             | улучшенное                         |         |       | нормаль-<br>ное | упрощённое |         |         |
|                             | большое                            | среднее | малое |                 | малое      | среднее | большое |
| с тремя МА                  | 0,990                              | 0,985   | 0,982 | 0,979           | 0,977      | 0,974   | 0,969   |
| с четырьмя МА               | 0,990                              | 0,985   | 0,982 | 0,979           | 0,977      | 0,974   | 0,969   |

В результате проведённых исследований оценки эффективности функционирования смешанных универсальных ФГ получено, что при использовании только одной ФГ в СС они эффективны и имеют практически одинаковую эффективность в ПУЭ, АУЭ и ЭУЭ.

**Оценка условной стоимости смешанных универсальных проходных функциональных групп механических судовых систем.** Результаты исследования стоимости ФГ, у. е., на различных уровнях совершенства представлены в табл. 5 и 6.

Полученные условные и относительные стоимости смешанных универсальных ФГ показывают, что эти ФГ с механизмами имеют стоимость от низкой до очень высокой, а с аппаратами – от очень низкой до высокой.

Таблица 5 – УС смешанных универсальных проходных ФГ с механизмами

| Схема ФГ                | УС ФГ различного качества изготовления, у. е. |              |            |                      |              |              |              |
|-------------------------|---|--------------|------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
|                         | с улучшением                                  |              |            | нор-<br>маль-<br>ные | с упрощением |              |              |
| Относительная стоимость | боль-<br>шим                                  | сред-<br>ним | ма-<br>лым |                      | ма-<br>лым   | сред-<br>ним | боль-<br>шим |
| с тремя МА              | 2,87  | 1,77         | 1,07       | 0,67                 | 0,49         | 0,42         | 0,37         |
| с четырьмя МА           | 3,98  | 2,45         | 1,48       | 0,94                 | 0,679        | 0,58         | 0,52         |

Таблица 6 – УС смешанных универсальных проходных ФГ с аппаратами

| Схема ФГ                | УС ФГ различного качества изготовления, у. е. |              |            |                      |              |              |              |
|-------------------------|---|--------------|------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
|                         | с улучшением                                  |              |            | нор-<br>маль-<br>ные | с упрощением |              |              |
| Относительная стоимость | боль-<br>шим                                  | сред-<br>ним | ма-<br>лым |                      | ма-<br>лым   | сред-<br>ним | боль-<br>шим |
| с тремя МА              | 1,76  | 1,09         | 0,66       | 0,42                 | 0,31         | 0,26         | 0,24         |
| с четырьмя МА           | 2,50  | 1,55         | 0,94       | 0,60                 | 0,44         | 0,38         | 0,34         |

**Выводы.** Исследование эффективности функционирования смешанных универсальных ФГ показало, что все типы ФГ, выполненные с большим упрощением элементов ФГ, эффективны в ПУЭ, АУЭ и ЭУЭ с механизмами и аппаратами с элементами с большим упрощением.

Исследования стоимости эффективных ФГ показало:

1. Очень низкую стоимость имеют ФГ с аппаратами в ЭУЭ и АУЭ с тремя МА.
2. Низкую стоимость имеют ФГ: а) с механизмами в ЭУЭ и АУЭ с тремя и четырьмя МА; б) с аппаратами в ЭУЭ и АУЭ с четырьмя МА.

Т.о., смешанные универсальные ФГ с механизмами и аппаратами функционируют во всех условиях эксплуатации, но имеют очень низкие стоимости в различных условиях эксплуатации.

Современные суда имеют различные задачи по использованию их в ПУЭ, АУЭ и ЭУЭ, а также различные носители. Это разнообразит конструктивные схемы и условия применения СС и их ФГ. При создании новых судов с новыми носителями и ТС возникают ещё и другие задачи и условия функционирования. Поэтому необходимо исследовать все имеемые в классификации СС и их ФГ [7]. При этом возможно дальнейшее развитие этой классификации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Методология теории эффективности общекорабельных систем и их математических моделей: промежуточный отчёт НЦ ВМС. Отв. исп. и науч. рук. В. В. Свешников. – Севастополь, 1996. – 99 с.
2. Эвристический анализ работоспособности основных общекорабельных систем подводных лодок, боевых надводных кораблей и судов: промежуточный отчёт НЦ ВМС. Отв. исп. и науч. рук. В. В. Свешников. – Севастополь, 1997. – 249 с.
3. Эвристический анализ работоспособности основных общекорабельных систем подводных лодок, боевых надводных кораблей и судов в боевых и аварийных условиях эксплуатации: промежуточный отчёт НЦ ВМС. Отв. исп. и науч. рук. В. В. Свешников. – Севастополь, 1997. – 134 с.
4. Оценка работоспособности противопожарных систем кораблей проекта 1232.2: заключительный отчёт НЦ ВМС, ч. 7. Отв. исп. А. И. Кашицин, науч. рук. В. В. Свешников. – Севастополь, 1997. – 71 с.
5. Анализ работы различных схемных решений корабельных систем в различных режимах функционирования. О классификации судовых систем: заключительный отчёт НЦ ВМС. Отв. исп. и науч. рук. В. В. Свешников. – Севастополь, 1998. – 104 с.
6. Теоретичні і математичні моделі оцінки ефективності основних загальнокорабельних систем: проміжний звіт СВМІ. Від. вик. і наук. кер. В. В. Свешніков. – Севастополь, 2003. – 161 с.
7. Классификация корабельных систем. Показатели и критерии их эффективности: промежуточный отчёт НЦ ВМС. Отв. исп. и науч. рук. В. В. Свешников. – Севастополь, 1997. – 125 с.
8. Свешников В. В. Оценка эффективности основных функциональных групп механических корабельных и судовых систем / В. В. Свешников // Зб. наук. праць СВМІ ім. П. С. Нахімова. – Севастополь: ВМС ЗС України, 2009. – Вип. 1 (16). – С. 112-121.
9. Оцінка ефективності неосновних і перспективних прохідних функціональних груп механічних корабельних і судових систем: проміжний звіт СВМІ. Від. вик. і наук. кер. В. В. Свешніков. – Севастополь, 2009. – 304 с.
10. Свешников В. В. Оценка условной стоимости основных функциональных групп механических корабельных и судовых систем / В. В. Свешников // Зб. наук. праць АВМС ім. П. С. Нахімова. – Севастополь: ВМС ЗС України, 2010. – Вип. 3 (3). – С. 172-180.

## ЕТАПИ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ВИРОБНИЦТВА

Сидорчук О.В.

Національний науковий центр «ІМЕСГ» (Україна),  
Гуцол Т.Д., Загородний Д.О., Зеленський О.В.  
Подільський державний аграрно-технічний університет  
(Кам'янець-Подільський, Україна)

**Вступ.** Одержання готової продукції здійснюється на основі виконання виробничих процесів: вирощування рослин і тварин; збирання врожаю; одержання молока, яєць тощо; перевезення сільськогосподарської продукції в межах господарства і на приймально-заготівельні пункти: зберігання і переробка продукції тощо.

Для практичного виконання зазначених груп виробничо-технологічних операцій у межах кожного підприємства необхідно мати спеціальні структурні елементи. Для окремих видів сільськогосподарських культур або тваринницької продукції – множини машин і агрегатів, значну кількість виконавців сільськогосподарських робіт тощо. Між указаними елементами виробництва існують складні взаємозв'язки, зумовлені використанням на різних полях одних і тих же машин (машинних агрегатів, комбайнів, автомобілів тощо), наявністю певних погодно-кліматичних умов для всіх виробничих процесів даного господарства чи району.

Агропромислове виробництво, як об'єкт управління, є складною системою, що складається з організованої множини структурних елементів, які певним чином між собою взаємодіють, піддаються різним впливам і виконують задані функції щодо використання природних, виробничих і трудових ресурсів з метою одержання сільськогосподарської продукції. Тому сільськогосподарське підприємство (СГП) виконує всі функції, в результаті яких виробляється або переробляється сільськогосподарська продукція, яка надходить у зовнішнє середовище.

Розвиток агропромислового виробництва значною мірою залежить від рівня його механізації та експлуатаційних параметрів окремих машин і їх комплексів. Механізація виробничих процесів уможливує зниження до мінімального значення витрат живої праці. Використання у цих процесах машин з оптимальними експлуатаційними параметрами дає змогу знизити до мінімального значення прями витрати енергії та капітальні вкладення на виробництво та переробку сільськогосподарської продукції, технологічний та технічний сервіс. Ці та інші особливості агропромислового виробництва лежать в основі державної технічної політики, яка реалізується інженерно-технічними фахівцями агропромислового комплексу, зокрема, інженерами-механіками.

**Актуальність досліджень.** Вирішенням задач функціональної структури виробництва займалася низка вчених. Однак розроблені ними методи та моделі управління конфігурацією проектів в основному стосуються програмного забезпечення ПК. Отже, у публікаціях О.В. Сидорчука, С.Р. Сенчука, О.В. Кухарчука [1], В.І. Черноіванова [2], А.В. Кардапольцева, Н.М. Перельмана, Р.В. Вашкевича, П.П. Путирського [3], В.П. Яковенка [4], С.П. Бурланкова [5], М.В. Молодика, А.М. Моргуна [6] існує потреба у розробці алгоритму дослідження функціональної структури виробництва продукції.

**Постановка проблеми.** Визначити множину задач з узгодження етапів дослідження функціональної структури виробництва продукції. Обґрунтувати послідовність головних етапів визначення системної ефективності як окремих машин, так і функціональних структур функціональної системи того чи іншого підприємства матеріального виробництва.

**Результати досліджень.** Назагал відмітимо, що основою матеріального виробництва є технологія – система знань стосовно якісного перетворення певного матеріалу (предмету праці) в кінцевий продукт заданих властивостей (якості) [7]. Це

перетворення відбувається на основі певного ефекту – фізичного, хімічного, біологічного або ж їх поєднання. Власне процес перетворення відбувається здебільшого без безпосередньої участі людини і називається робочим процесом. У цьому процесі беруть участь предмет праці і робочий орган машини. Управління ж робочим органом, що є складовою частиною машини, здійснюється за участю людини або ж без неї – спеціальними пристроями. Якщо управління відбувається за участю людини, то маємо справу з механізованими процесами, якщо ж це відбувається за допомогою спеціальних пристроїв, то процес є автоматизованим.

Механізований процес, що відбувається за участю людини, машини та предмета праці і безпосередньо стосується його якісного перетворення називається технологічним. Крім робочого та технологічного процесів ще, як вже зазначали, виділяють виробничий. Ним означають процес, у якому крім названих здійснюються операції (процеси) контролю та просторового переміщення (транспортування), що безпосередньо не стосується якісного перетворення предмета праці.

Кожна машина (технічний засіб) тієї чи іншої структури виконує певну технологічну операцію або ж їх сукупність стосовно предмета праці, витрачаючи для цього енергетичні ресурси та час. Тому, впродовж певного календарного періоду її використання обслуговується скінченне число предметів праці. Використання машини у виробничому процесі впродовж певного календарного періоду здебільшого характеризуються перервами – відріzkами часу, впродовж яких машина простоє (не використовується). Ці простої можуть бути зумовлені:

- плановими організаційними календарними режимами виконання процесу (наприклад, однозмінним організаційним режимом використання фонду добового часу);
- плановими зупинками машини для виконання обслуговуючо-ремонтних втручань;
- зупинками з технічних причин (через технічні та технологічні відмови);
- зупинками через неузгодженість виконання операцій виробничого процесу на суміжних етапах;
- через відмови машин на попередніх етапах процесу;
- через відсутність предметів праці;
- через погодні умови тощо.

Таким чином, перерви у використанні машини можуть бути плановими та неплановими.

Залежно від того, скільки часу витрачається машиною на обслуговування одного предмета праці, а також тривалості перерв у її використанні визначають потужність машини – потенційно можливу кількість предметів праці, що можуть бути обслуженими за певних організаційних умов – календарних режимів та тривалості використання впродовж року. Окрім потенційних можливостей машини в реальних умовах її використання визначають виробничу програму – число предметів праці, що планується обслужити (виробити) машиною впродовж календарного року. Власне, потужність та виробнича програма є відповідно потенційним та плановим параметром елементарної системи «машина – множина предметів праці» (МПП), дослідження якої лежить в основі науково-прикладних задач формування ресурсощадних функціональної системи.

Розгляд системи МПП дає змогу виокремити та досліджувати дію таких головних груп чинників виробничого процесу:

- 1) предметних;
- 2) технологічних;
- 3) технічних;
- 4) природно-виробничих;
- 5) кліматичних;
- 6) організаційних;
- 7) соціальних.

Кожна з них характеризується певним числом більш деталізованих чинників, які мають кількісні показники. Власне виокремлення деталізованих чинників процесу та виявлення наявності зв'язків між ними є ні що інше, як перший етап системного аналізу МПП. Він здійснюється як відносно кожної окремої машини функціональної структури, так і її загалом.

Засадничою функцією теорії функціональної системи є обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій стосовно виробництва ними продукції заданої якості з мінімальними технологічно потрібними витратами ресурсів на етапах проектування цих структур, у процесі їх створення, а також функціонування, розвитку та ліквідації. Цією теорією розглядаються такі головні складові операційної системи, як потік предметів праці та система якісного їх перетворення. Досліджуються зазначені складові на підставі системного підходу та методів системотехніки [8].

Системний підхід у дослідженні функціональної системи використовується для розроблення її концептуальної моделі, аналізу та синтезу чинників процесу матеріального виробництва. Він є невід'ємною частиною системотехнічного дослідження функціональної системи, особливістю якого є те, що функціональна система досліджується за допомогою таких головних процедур, як виокремлення проблеми, опис на одній мові різних за фізичною природою явищ і чинників, встановлення критеріїв для порівняння альтернатив, ідеалізація проблеми до допустимої межі, декомпозиція проблеми на частини, композиція частин у ціле, відшукування розв'язку проблеми. Коли традиційно, як вже зазначалося, ці процедури виконуються у вказаній послідовності, то системотехнікою передбачається дослідження проблеми у безперервному їх взаємозв'язку.

Зазначені групи чинників виробничого процесу є основою декомпозиції проблеми обґрунтування функціональної системи. Виділення з-поміж них керованих – технологічних, технічних, організаційних та соціальних чинників уможливорює розгляд альтернативних функціональної системи та визначення серед них оптимальних.

Відбувається це на основі моделювання, під час якого синтезуються чинники процесу. З огляду на структурованість функціональної системи, моделювання їх процесів здійснюється за допомогою системи моделей, які сукупно дають змогу домогтися адекватного відображення моделлю реального процесу. Число окремих моделей їх системи визначається особливостями виробничого процесу, що нею відображається. Загалом виокремлені характерні моделі виробничого процесу є трьох типів:

- операційні (деталізовані);
- часткових процесів;
- узагальненого процесу.

Кожна з них системно відображає процес на відповідному ієрархічному рівні його дослідження. Неможливо досліджувати процес на рівні часткових його складових, не виконавши дослідження на операційному рівні. Аналогічно неможливо досліджувати процес на узагальненому рівні, не дослідивши його на рівні часткових процесів (рис. 1).

З метою синтезу зазначених груп його чинників, враховуючи особливість того чи іншого виробничого процесу, розробляється відповідна теорія, яка є підґрунтям для створення його моделі. Власне, теорія синтезу чинників виробничого процесу визначає правила його моделювання, що зумовлюється особливостями причинно-наслідкових зв'язків між окремими чинниками.

**Висновок.** У результаті моделювання процесу отримують функціональні показники його ефективності. Для різних варіантів функціональної системи ці показники будуть різними. Оптимальний варіант функціональної системи визначається за екстремальним значенням характеристичного критерію, яким можуть бути або сукупні питомі енерговитрати, або ж питомі зведені витрати коштів.

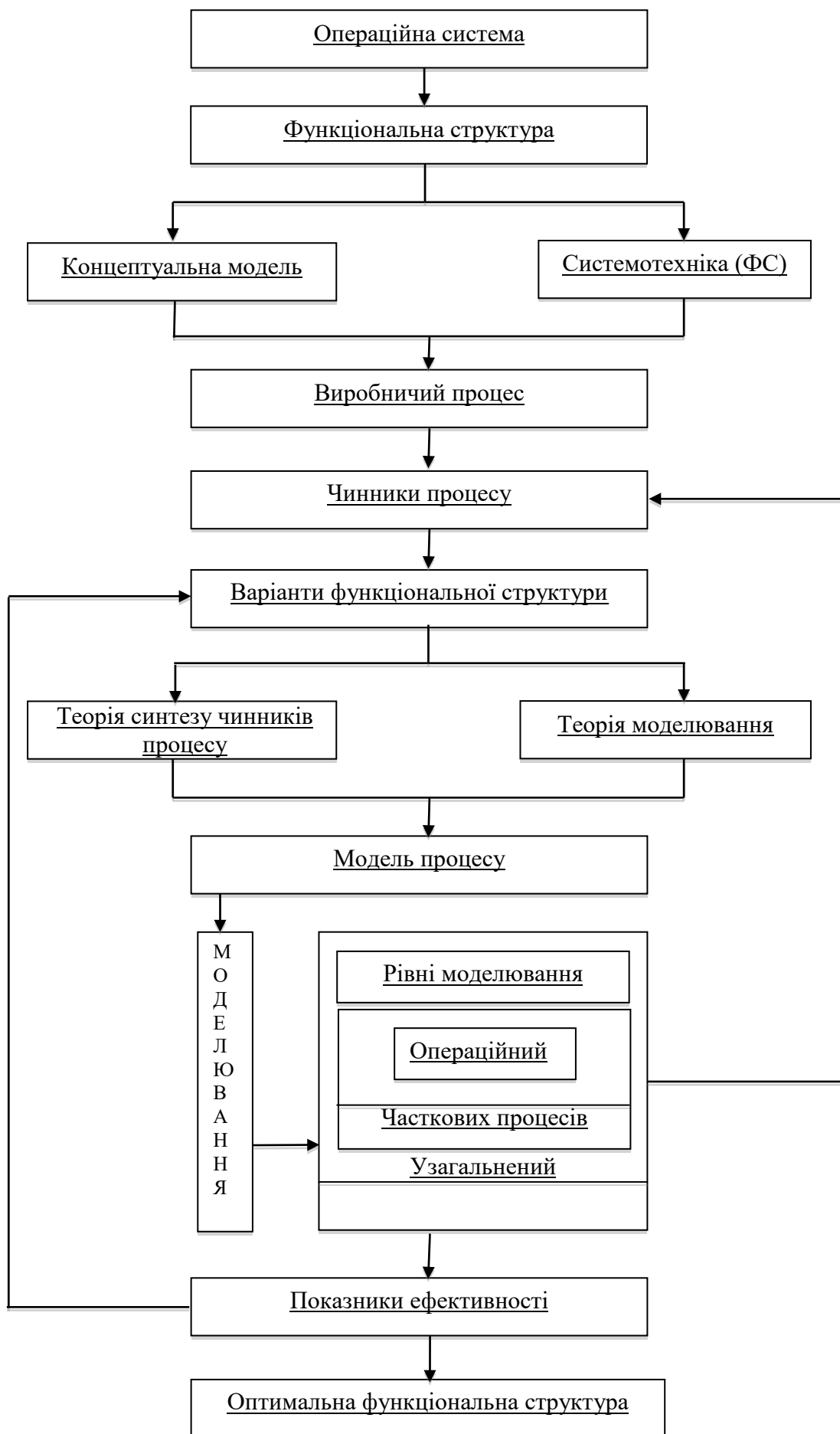


Рисунок 1 – Схема укрупненого алгоритму дослідження функціональної структури

## ЛІТЕРАТУРА

1. Сидорчук О.В., Сенчук С.Р., Кухарук О.В. Наукові основи інженерного менеджменту технічного сервісу рільництва: Монографія. – Львів: Львів. ДАУ, 2001. – 172 с.
2. Черноиванов В.И. Стратегия развития технического сервиса АПК // Техника в сельском хозяйстве. – 2004. – № 2. – С. 3-6.
3. Технический сервис в сельском хозяйстве / А.В. Кардапольцев, Н.М. Перельман, Р.В. Вашкевич, П.П. Путырский. – М.: Агропромиздат, 1987. – 160 с.
4. Яковенко В.П. Розвиток матеріально-технічної бази АПК // Вісник аграрної науки. – 2004. – № 4. – С. 45-49.
5. Бурланков С.П. Качество кадрового потенциала на предприятиях технического сервиса // Механизация и электрификация. – 2004. – № 10. – С. 4-5.
6. Організаційні форми технічного сервісу та прогноз їх розвитку в ринкових умовах господарювання в агропромисловому комплексі України / М.В. Молодик, А.М. Моргун, Л.І. Шаповал, О.В. Єна та ін. – К.: ННЦ «ІМЕСГ», 2001. – 170 с.
7. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. – М.: Машиностроение, 1988. – 256 с.
8. Дружнин В.В., Контров Д.С. Системотехника. – М.: Радио и связь, 1985. – 200 с.
9. Сидорчук О.В., Сенчук С.Р., Кухарук О.В., Тимочко В.О., Ціп Є.І. Державна технічна політика і розвиток аграрного виробництва. Механізація с.-г. виробництва // Зб. наук. пр. ун-ту / Націон. агр. ун-т. (т. VI). – К.: НАУ, 1999. – С. 120-124.
10. Сидорчук О.В. Прогнозування технологічної ефективності проектів та програм розвитку сільськогосподарського виробництва // Вісник аграрної науки. – 2007. – № 7. – С. 57-61.
11. Сидорчук О.В., Тригуба А.М., Михайлик М.А., Рудинець М.В. Особливості управління проектним розвитком технологічно інтегрованих систем агропромислового виробництва: Тези доповідей IV Міжнародної конференції // Управління проектами у розвитку суспільства. – К., 2007. – С. 137.



## СУДНОВІ ПРИМІЩЕННЯ МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ НЕСАМОХІДНИХ СУДЕН

Терлич С.В.

Херсонська філія Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова  
(Україна),

Шагіданов В.І.

Військово-морський інженерний інститут (С.-Петербург, Росія)

**Постановка задачі.** Побудова несамохідних композитних плавучих доків є невід'ємною складовою суднобудівного виробництва України та країн СНД. Плавучі доки є одними з найважливіших плавзасобів для ремонту, утилізації, реновації та переобладнання суден та інших морських об'єктів. При цьому слід зазначити, що 85% плавзасобів для виконання ремонту транспортних та промислових суден (плавучі доки, плавучі майстерні, плавучі крани) як в Україні, так і за кордоном досягли граничного віку для експлуатації [1-4]. У той же час вимоги судновласників та міжнародних організацій з приводу розміщення екіпажів докуємих суден значно змінилися у порівнянні з вимогами кінця 90-х років минулого століття [3]. Крім того, сучасні міжнародні стандарти щодо формування приміщень на морських суднах та несамохідних спорудах, поправки до міжнародних конвенцій та вимог ІМО досить жорстко відрізняються від вимог, за якими були спроектовані та побудовані ремонтні плавучі доки та плавучі майстерні, що використовуються на підприємствах України, РФ (в тому числі на ремонтних базах ВМФ), Болгарії, Румунії, Турції та інших країн, для яких були побудовані плавдоки в Україні [2]. Суттєві відрізнення складу, конфігурацій, планувань, розмірів конструкцій та технічних вимог зашивань конкретних несамохідних плавучих споруд (НПС) надають значний вплив на отримання середніх статистичних характеристик об'єкту і, як наслідок, на наступні конструкторські та технологічні рішення.

У зв'язку з тим, що модульна система формування *житлових* приміщень все ширше використовується для зашивання *інших* приміщень, під час аналізування було розглянуто та враховано загальносуднові та службові приміщення.

**Актуальність дослідження** полягає у наявності на державних суднобудівних підприємствах «портфелю замовлень» на побудову НПС великої підйимальної сили для здійснення усіх видів ремонту суден та штучних багатоцільових композитних островів для розміщення готелів, автостоянок, офісів, гуртожитків, невеликих підприємств та електростанцій [2, 4]. Впровадження модульних кают, блок-кают та блок-модулів при побудові НПС забезпечать:

- завчасно відробити компоновочні й конструктивно-технологічні рішення;
- забезпечити оптимальну повторюваність близьких за призначенням й однакових за розмірами приміщень;
- знизити витрати на побудову НПС і виготовлення для них устаткування;
- підвищити гнучкість використання окремих приміщень та елементів їхнього устаткування, оскільки вони можуть замінятися для підвищення гнучкості використання суден.

**Аналіз останніх публікацій та винаходів за темою дослідження.** Шляхи вдосконалення конструкцій елементів модульного зашивання та питання зниження трудомісткості та монтажу модульних панелей досліджувалися і раніше [2]. У періодичній та спеціальній літературі, починаючи з 1973 року минулого століття, розглядалися задачі математичного моделювання, механізації й автоматизації виготовлення виробів з металопласту, обґрунтування вибору модуля, стандартизації та уніфікації елементів зашивання, розробка показників якості продукції, технологічності конструкцій, систем конструкторської та технологічної підготовки виробництва [4]. Визначалися оптимальні варіанти розташування та розмірів заструбів ілюмінаторів. Створювалися нові технології

виготовлення модульних панелей та розробка технологічного оснащення. Проте всі ці розробки не можна повністю запровадити на плавучих доках у зв'язку з нетиповими, а іноді й унікальними розмірно-конструктивними особливостями приміщень на цих плавзасобах та умовами їх експлуатації. При дослідженні використовувались як авторські розрахунки і методики [3], так і вітчизняні та закордонні розробки і винаходи. Було з'ясовано, що укрупненому блочному формуванню приміщень присвячено багато праці, проте слід зазначити, що розглядаємий тип суден різко відрізняється від плавзасобів торговельного та промислового флоту кількістю людей на борту, умовами праці, особливостями корпусних конструкцій та обводів несамохідних суден, додатковими навантаженнями на конструкції, пов'язані із періодичним зануренням-всплиттям, особливими вимогами щодо пожежної безпеки та боротьбою із шумом та вібрацією. На наш час розроблено багато варіантів виготовлення блочно-модульних конструкцій для морських та річкових суден, проте при використанні їх на плавучих доках, плавучих майстернях та штучних островах очевидні такі наслідки:

- розмірно-конструктивні характеристики приміщень, що властиві тільки плавдокам;
- особливості умов експлуатації плавдоків, що вимагають більш жорстких санітарно-гігієнічних та протипожежних вимог при формуванні приміщень;
- велика кількість екіпажу докуємих суден та обслуговуючого персоналу, у зв'язку із вимогою законодавства Російської Федерації виконання реновації, модернізації та утилізації атомних підводних човнів за межами акваторій територіальних вод.

**Мета дослідження** полягає у виконанні наступних пунктів:

- проаналізувати існуючі розмірно-конструктивні характеристики приміщень несамохідних суден, визначити ступінь обладнаності та особливості житлових умов, порівняти отримані дані з сучасними вимогами і стандартами;
- розробити типоряд елементів кают, меблів та обладнання, виходячи із вищезгаданого аналізу;
- спроектувати конструкторсько-технологічні схеми формування кают, блок-кают, укрупнених модулів та спеціальних приміщень;
- оцінити ступінь технологічності та економічної доцільності розробок;
- проробити питання організації та підготовки виробництва суднових приміщень.

**Основний матеріал.** Згідно з сучасними вимогами судновласників несамохідних суден, нормами Санітарних правил для морських суден та міжнародними конвенціями у каютах, кабінетах та медичних приміщеннях повинні бути використані нормалізовані меблі із щитів, заповнених шаровим пластиком. Меблі у приміщеннях енергетичного комплексу, санітарно-побутових приміщеннях, на камбузі та у коморах виконуються частково з АМГ, сталі та деревини. Оптимальна кількість та тип меблів для житлових та службових приміщень несамохідних суден була розрахована шляхом аналізування мінімально необхідного комплекту меблів, найбільш використовуваних меблів у суднобудуванні, забезпечення максимально можливого простору житлових і суспільних приміщень та коштовності виробів станом на 2011 рік.

Авторами було вирішено провести пошуково-наукові дослідження від вібрації з'єднань транспортних комунікацій, використовуючи розроблений «підвесний» блок-модуль житлового приміщення, який дозволить вирішити конкретні проблеми на несамохідних суднах, що будуються.

Суднові трубопроводи є одним з основних елементів конструкції блочної каюти та є такими, що вирішують надійність роботи при з'єднанні з загальними системами судна.

На практиці конструюванню та монтажу суднових трубопроводів приділяється недостатньо уваги, що знижує міцність з'єднань і дуже часто служить очагами та зонами їх небезпечного руйнування. Під час експлуатації системи «санітарно-гігієнічний блок – транспортні комунікації» для забезпечення відриву у місцях з'єднання передбачається компенсаційна ділянка.

Використання гнучких металевих шлангів та гумових рукавів у трубопровідних з'єднаннях між блоковою каютою та транспортною системою комунікацій плавзасобу не достатньо надійні для надійної експлуатації трубопроводів під час навантажень, які можуть бути не передбаченими при проектуванні приміщень.

Крім того не враховується цілий ряд факторів, які викликають більш інтенсивні руйнування суднових трубопроводів у реальних умовах експлуатації, які періодично змінюються.

Враховуючи сучасні тенденції вітчизняної промисловості до повернення на судна меблів вітчизняного виробництва, раціонально повернутися до аналізу дефектів суднових меблів, проведеного фахівцями НДПТБ «Онега» та СевмашВТУЗ (м. Северодвинськ) для композитних ремонтних доків, побудованих на ХДЗ «Паллада» до 1991 року.

Метою комплексної роботи обстеження суднових приміщень дослідження якості суднових пластмасових, металевих, дерев'яних та м'яких меблів в умовах експлуатації, а також виявлення причин дефектів. На основі виконаного дослідження проводилася розробка рекомендацій та пропозицій щодо покращення конструкційних та експлуатаційних якостей суднових меблів, де, в тому числі, розглянуто рекомендації та пропозиції екіпажів плавкладів, а також фахівців Центрального конструкторського бюро «Ізумруд» (м. Херсон), судноремонтного заводу «Нерпа» (м. Снежнегірськ, Мурманська область) по підвищенню експлуатаційних, естетичних, ергономічних та екологічних рівнів якості суднових меблів.

Загальносвітова практика показує, що витрати на підтримку етапу життєвого циклу обладнання суднових приміщень (житлових, службових, суспільних, медичних, камбузних і т.п.) у декілька разів перевищує витрати на їх оснащення.

Аналізуючи вищенаписане, зроблено висновок про доцільність проробки та впровадження на підприємствах галузі системи конструкторсько-технологічного аналізу від дефектації до готового виробу, експлуатації та ремонту, тобто їх життєвого циклу за допомогою системи керування життєвим циклом.

На сьогоднішній день роль систем керування життєвим циклом може бути відображена як інформаційна підтримка та керування складом виробів суднових меблів від проектування до утилізації.

Це дозволяє оптимізувати загальний процес створення опису виробів суднових меблів різноманітних типів.

Основною задачею при цьому є проробка та аналіз конструкцій виробів обладнання суднових приміщень за цілим рядом конструктивно-технологічних ознак на етапі їхньої дефектації, виконувати роботи з випуску технологічної, організаційно-технологічної, нормативної та економічної документації, а також впливати на сервісне обслуговування та облаштованість приміщень несамохідних суден.

Вона складається з наступних напрямків:

- забезпечення плавучих споруд запасними частинами;
- проведення різного роду ремонтно-відновних робіт та модернізації виробів суднових меблів застарілих типів;
- надання консультативної допомоги при виборі обладнання для суднових приміщень з екологічно чистих та негорючих матеріалів.

Як показує практика, при формуванні житлових і службових приміщень на композитних плавучих доках зростає кількість випадків, що вимагають прийняття швидких адаптаційних рішень. Приміром, при будівництві ремонтних плавдоків для ВМФ Російської Федерації проектів 19731 і 19731УР, а так само проекту 1760КР для компанії Qatar navigation (Катар) неодноразово перепроектувалося розташування приміщень уже при завершенні будівництва, тому що замовники (а отже базування, кількість членів екіпажу й призначення плавзасобів) періодично змінювалися, що викликало необхідність переустаткування ряду приміщень. Для доку проекту 19731УР була повністю демонтована й переустаткована житлова вежа у зв'язку з особливостями експлуатації плавучих доків у

полярних умовах і докуванням плавучих об'єктів з атомною енергоустановкою. Безумовно, це вплинуло на ряд змін у дизайні й взаєморозміщенні приміщень. Внаслідок періодичних конструктивно-технологічних змін часто виникає необхідність прийняття рішень нового характеру, тобто рішень, які не підлягають програмуванню.

Підвищення кваліфікації кадрів пов'язане із частим використанням вітчизняними підприємствами конструкторсько-технологічної документації, необхідної для зашиття й формування кают, розробленої за межами України (корпусні креслення; схеми трасування трубопроводів, систем, електротрас; технологічні процеси нанесення ізоляції, типорозміри профілів, каталоги матеріалів і т.д.). Документація такого роду завжди оформляється мовою розроблювача й (як правило) дублюється англійською, крім того, відрізняється особливою насиченістю й невідповідності вимогам ЄСКД. У більшості випадків, ні робітник, ні інженерно-технічний персонал не мають досвіду роботи з документами подібного роду. Дана проблема неодноразово обговорювалася в Україні на міжнародних конференціях, але практичні результати на суднобудівних підприємствах впроваджувалися, у найкращому разі, епізодично. Приміром, на херсонських фірмах Avia-Pro, Ost-West Consulting та Engineering-Ukraine, які спеціалізуються на будівництві яхт і суден зі склопластику й епоксидних смол, був розроблений графік підготовки доповідей наприкінці робочого дня інженерами й техніками про правила оформлення креслень за стандартом ISO 9001:2000.

**Висновки.** Проведене дослідження дозволяє здійснити основні організаційно-управлінські функції аналізу для визначення стану виробництва по формуванню й монтажу суднових приміщень:

- 1) підтвердити попередню оцінку стану розвитку виробництва;
- 2) спрогнозувати розвиток окремих факторів, які можуть негативно вплинути на організацію робіт, що стосується модульного формування суднових приміщень;
- 3) дати оцінку можливості нейтралізації негативних факторів за рахунок внутрішнього потенціалу підприємства.

Запропонована в статті інформація має практичну цінність і може бути використана підприємствами як база, для розробки алгоритмів керування й оцінки різнобічних факторів виробництв, пов'язаних із проектуванням і устаткуванням суднових приміщень із застосуванням вітчизняних і закордонних модульних систем.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Терлич С.В. Використання модульної оббудови приміщень на композитних плавучих доках / Терлич С.В., Слущкий М.Г. // Зб. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2008. – № 2 (419). – С. 45-48.
2. Щедролюсєв О.В. Сучасний стан модульного формування приміщень на плавучих доках / Щедролюсєв О.В., Терлич С.В. // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: УДМТУ, 2008. – № 1 (418). – С. 94-99.
3. Терлич С.В. Розмірний та конструктивний аналіз приміщень на плавдоках / Терлич С.В. // Вісник СевНТУ. Механіка. Енергетика. Екологія. – Севастополь: СевНТУ, 2008. – № 88. – С. 52-55.
4. Терлыч С.В. Методика автоматизированного параметрического проектирования конструкций элементов зашивки помещений для самоходных плавучих сооружений / Терлыч С.В. // Современные информационные и инновационные технологии на транспорте / Проблемы надёжности и энергосбережения. – Херсон: ХГМИ, 2010. – Том 2. – С. 268-274.

## МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ПАСАЖИРОПОТОКІВ У МІСТАХ

Фалецька Г.І.

Харківська національна академія міського господарства  
(Україна)

**Вступ.** Міський пасажирський транспорт, як одна із соціально-значимих галузей міського господарства, відіграє досить велику роль у забезпеченні якості життя міського та приміського населення. Найбільш відчутні транспортні проблеми у великих і найбільших містах.

Рішення різних задач організації пасажирських перевезень ґрунтується на прогнозі величин пасажиропотоків, в основі формування яких лежать рішення, що приймають пасажирів при виборі шляху пересування. У залежності від того, наскільки повно будуть враховані закономірності вибору пасажиром шляху пересування при моделюванні пасажиропотоків на маршрутах міського пасажирського транспорту, залежить точність прогнозу, звідси, і обґрунтованість рішень щодо удосконалення перевізного процесу. Унаслідок цього моделювання розподілу пасажиропотоків у містах є актуальною задачею.

**Результати досліджень.** Аналіз підходів щодо розподілу пасажиропотоків по маршрутній мережі міського пасажирського транспорту [1, 2] дозволив виявити, що в них недостатньо враховано:

1) поведінкові аспекти вибору пасажиром шляху пересування та сукупність факторів, що на них впливають;

2) вплив факторів зовнішнього середовища на закономірності вибору пасажиром шляху пересування;

3) факт зменшення корисності (привабливості) шляху пересування для пасажирів при зростанні величини пасажиропотоку на маршрутах, що до нього входять.

Перший недолік пов'язаний зі значною кількістю факторів, що впливають на вибір пасажиром шляху пересування та суб'єктивною оцінкою характеристик альтернативних варіантів. У загальному випадку при виборі шляху пересування пасажир прагне до мінімізації витрат часу та грошей, здійснення поїздки в комфортних умовах.

Поведінкові аспекти вибору пасажиром шляху пересування зумовлюють розглядати усю множину альтернативних варіантів, що можуть відрізнитись пішохідною та транспортною складовою. Одним з недостатньо вивчених аспектів моделювання розподілу пасажиропотоків є вибір пасажиром зупиночного пункту початку (закінчення) поїздки. Дана особливість полягає у тому, що при наявності в зоні пішохідної доступності декількох зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту, пасажир може здійснювати поїздки не від найближчого, а більш віддаленого, але такого, що забезпечує економію різного роду витрат, пов'язаних з пересуванням.

Наявність взаємного зв'язку між параметрами пересування по деякому шляху та величиною попиту на його використання зумовлює врахування цих особливостей при моделюванні розподілу пасажиропотоків. Ступінь заповнення салону транспортного засобу впливає на комфортабельність здійснення поїздки пасажиром та позначається на рівні їх транспортної стомлюваності. При невідповідності місткості та кількості транспортних засобів, що працюють на маршруті, виникає відмова пасажирів у посадці. Це позначається на збільшенні часу очікування транспортного засобу і, як наслідок, часу пересування.

Значимість критеріїв вибору шляху пересування для пасажирів може змінюватись. Це обумовлено змінами рівня доходів населення, соціального стану, наявністю проїзних документів, пільг, тобто соціально-економічними умовами життя населення. Усі ці показники можна розглядати як фактори зовнішнього, відносно транспортної системи, середовища.

У якості вихідних даних для моделювання розподілу пасажиропотоків використовуються параметри транспортних районів, маршрутної мережі (маршрутів міського пасажирського транспорту) і показники, що характеризують пасажирів.

Маршрутна мережа представляється як множина маршрутів міського пасажирського транспорту. При цьому маршрути відрізняються за видом транспорту (автобусні, тролейбусні, трамвайні, метрополітен), маркою транспортного засобу (пасажиромісткістю), проходженням траси маршруту в плані міста, довжиною маршруту та перегонів між зупиночними пунктами, швидкісними показниками руху транспортних засобів (експлуатаційною швидкістю та швидкістю сполучення) та деякими іншими.

Моделювання проводиться в два етапи. На першому етапі з використанням гравітаційної моделі визначається матриця міжрайонних кореспонденцій, а на другому моделюється розподіл пасажиропотоків по маршрутній мережі.

У якості показника, що характеризує альтернативні шляхи пересування, використовуються середні узагальнені витрати на здійснення пересування. Даний показник визначається як сума вартісної оцінки витрат часу пересування, транспортної стомлюваності та грошових витрат (плати за проїзд) [3].

Розгляду підлягають всі можливі шляхи пересування, що представляють собою різне сполучення варіантів здійснення пішохідної складової пересування та поїздки (маршрутної або мережної), відхилення середніх узагальнених витрат для яких від критичного не перевищує задану константу.

У якості показника, що характеризує соціально-економічні умови життя населення, використовується прибуток середньостатистичного пасажирів за місяць.

Для врахування взаємного зв'язку між параметрами пересування по альтернативних шляхах та величиною попиту на їх використання застосовується ітеративна процедура. Згідно з цим загальна величина кореспонденції між кожною парою транспортних районів відправлення та призначення ділиться на частини залежно від кількості ітерацій розрахунку. На кожній ітерації визначається величина пасажиропотоків на маршрутній мережі. На наступній ітерації проводиться розрахунок характеристик шляхів пересування з урахуванням величин пасажиропотоків, що були отримані на попередній ітерації. Далі послідовність розрахунків повторюється.

На заключній ітерації отримуємо остаточний розподіл пасажиропотоків, після чого визначаються інтегральні характеристики функціонування транспортної системи перевезень пасажирів.

**Висновки.** Запропонований підхід щодо моделювання розподілу пасажиропотоків враховує важливі особливості цього процесу, що сприятиме отриманню більш адекватних результатів моделювання. Це дозволить більш зважено підійти до оцінки доцільності проектних рішень щодо підвищення ефективності функціонування системи міського маршрутного пасажирського транспорту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вдовиченко В.О. Ефективність функціонування міської пасажирської транспортної системи: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.01 / Национальный транспортный университет. – К., 2004. – 20 с.
2. Горбачов П.Ф. Концепція формування систем маршрутного пасажирського транспорту в містах: Автореф. дис... докт. техн. наук: 05.22.01 / Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – Харків, 2009. – 39 с.
3. Фалецкая Г.И. Вероятность выбора пассажирами пути следования при городских пассажирских перевозках // Коммунальное хозяйство городов. – К.: Техніка, 2008. – Вып. 81. – С. 316-321.

**СЕКЦІЯ 3:**

**КОНТРОЛЬ, ДІАГНОСТИКА І ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ  
ПРИ УПРАВЛІННІ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ**

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСТАВКИ ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЯМИ ШЛЯХОМ МІНІМІЗАЦІЇ ЧАСУ РУХУ ВІД ПОСТАЧАЛЬНИКА ДО СПОЖИВАЧА

Артамонова Ю.В., Гармаш О.Г., Хрипуненко Г.В.

Автомобільно-дорожній інститут Державного вищого навчального закладу

«Донецький національний технічний університет»

(Україна)

**Вступ.** Серед усього переліку продовольчих продуктів, більшу частину становлять продукти, які можна віднести до категорії швидкопсувних. Номенклатура швидкопсувних харчових продуктів (ШПП) досить значна й різноманітна не тільки за кількістю, але й за вимогами до їхнього перевезення. Дані обставини вказують на певну специфіку, що виділяє їх серед інших продуктів харчування. Ця специфіка полягає в необхідності якнайшвидше доставити ШПП від виробника до споживача, тому що в такий спосіб забезпечується якість продукції, яка доставляється, й від цього прямо залежить безпека населення. Адже, як відомо, недотримання необхідних норм перевезення будь-якого швидкопсувного продукту може призвести до того, що він перейде з розряду швидкопсувних у розряд небезпечних для здоров'я, а в ряді випадків і для життя людей.

Таким чином, діяльність з доставки ШПП за своєю значимістю може бути віднесена до актуальної. Це призводить до необхідності розгляду, аналізу й рішення існуючих проблем у зазначеній області.

Істотним фактором, що визначає ефективність доставки швидкопсувних продуктів, є своєчасність доставки, тобто максимальне збереження якості ШПП. Таким чином, для підвищення ефективності процесу доставки необхідно застосовувати такі рішення, при яких досягнемо якнайшвидшої доставки від виробника споживачу.

Питання теоретичного й методичного забезпечення діяльності з перевезення різних вантажів, у тому числі й швидкопсувних, а також з транспорту й логістики відображені в роботах Л.Л. Афанасьєва, В.М. Беляєва, Г.К. Ганченко, В.Д. Герамі, В.С. Лукинського, Л.Б. Миротіна, Ю.М. Неруша, Т.А. Прокоф'євої, А.Д. Хмельницького й ін.

Однак аналіз наукових праць у розглянутій області показав недостатню пропрацьованість питань доставки ШПП із урахуванням їх специфіки.

Зазначені обставини дозволяють зробити висновок про актуальність роботи, пов'язаної з розробкою ряду пропозицій, спрямованих на підвищення ефективності доставки ШПП із використанням автомобільного транспорту.

**Постановка задачі.** Об'єктом роботи є процес доставки ШПП автомобільним транспортом від виробника до споживача, предметом – час руху ШПП у міжміському сполученні.

**Мета роботи** – розробка пропозицій з мінімізації часу доставки швидкопсувного вантажу з урахуванням дорожніх умов.

Для досягнення поставленої мети:

- здійснимо вибір методики розрахунку найкоротшої відстані між пунктами з метою мінімізації часу руху автомобіля з швидкопсувним вантажем;
- проведемо уточнення обраної методики шляхом мінімізації часу руху автомобіля з швидкопсувним вантажем з урахуванням дорожніх умов для підвищення ефективності доставки.

На сьогоднішній день в умовах наявності значних обсягів перевезень вантажів для забезпечення найбільш раціонального використання рухомого складу й скорочення транспортних витрат велике значення має визначення найкоротших відстаней між пунктами транспортної мережі. Завдання визначення найкоротших відстаней (вибору найкоротшого шляху) є класичним завданням дослідження операцій. Воно належить до класу екстремальних. У вітчизняній і закордонній літературі рекомендуються різні методи



рішення даного завдання, що використовують принципи лінійного й динамічного програмування.

Але у практиці оптимального планування роботи автомобілів є цілий ряд завдань, які не можуть бути вирішені методами лінійного програмування. Це пов'язане з тим, що цільова функція, оптимальне значення якої необхідно знайти, залежить від часу. Такі завдання вирішуються методом динамічного програмування [1].

Особливістю динамічного програмування є певний методичний прийом, що полягає в наступному: переміщення точки в просторі (визначення найкоротшої відстані між пунктами мережі) розділяється на ряд послідовних етапів (кроків), проводиться послідовна оптимізація кожного з них, починаючи з останнього. На кожному етапі розрахунків спочатку визначається умовне оптимальне управління (при всіляких припущеннях про результати попереднього кроку), а потім, коли процес оптимізації доведений до вихідного стану, знову проходиться вся послідовність кроків, але вже у зворотному порядку, спочатку до кінця, і на кожному кроці з безлічі умовних оптимальних управлінь обирається одне (у цьому випадку мінімальна відстань між пунктами транспортної мережі).

Перевага такого методу поетапної оптимізації в тому, що він спрощує рішення багатьох екстремальних завдань, оскільки набагато легше багаторазово вирішувати завдання відносно просте, ніж один раз – досить складне.

Нехай задана транспортна мережа з пунктами-вершинами й відстані між пунктами, тобто визначені ланки мережі і їхня довжина (рисунок 1).

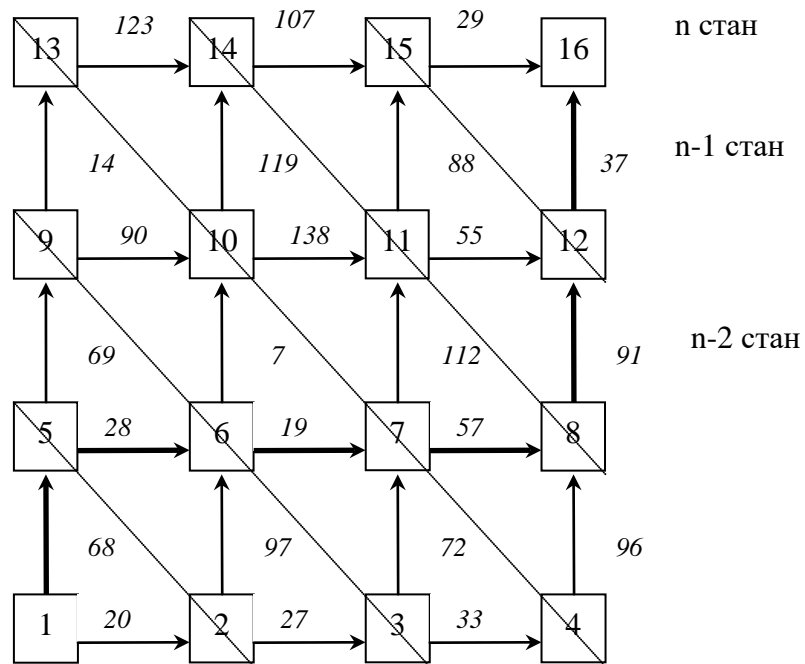


Рисунок 1 – Розмічений граф (для визначення мінімальної відстані руху)

Відстані між вершинами визначаються виміром відстаней від кожного пункту до всіх інших за масштабними картами.

Зробимо загальну постановку задачі. Розглядається керований процес, у результаті управління система (об'єкт управління)  $S$  переводиться з початкового стану  $s_0$  у стан  $\hat{s}$ . Припустимо, що управління можна розбити на  $n$  кроків, тобто рішення приймається послідовно на кожному кроці, а управління, що переводить систему  $S$  з початкового стану в кінцевий, являє собою сукупність  $n$  покрокових управлінь.

Позначимо через  $X_k$  управління на  $k$ -му кроці ( $k = 1, 2, \dots, n$ ). Перемінні  $X_k$  задовольняють деяким обмеженням.

Нехай  $X (X_1, X_2, \dots, X_n)$  – управління, що переводить систему  $S$ , зі стану  $s_0$  у стан  $\hat{s}$ . Позначимо через  $s_k$  стан системи після  $k$ -го кроку управління. Одержуємо послідовність станів  $s_0, s_1, s_{k-1}, s_k, \dots, s_{n-1}, s_n = \hat{s}$ , яку зобразимо кружками (рисунк 2).

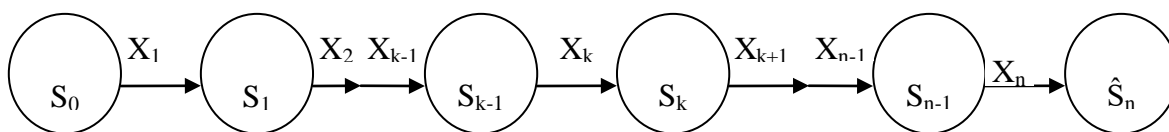


Рисунок 2 – Послідовність станів управління

Показник ефективності розглянутої керованої операції – цільова функція залежить від початкового стану і управління:

$$Z = F(S_0, X). \quad (1)$$

Зробимо кілька припущень:

1. Стан  $s_k$  системи наприкінці  $k$ -го кроку залежить тільки від попереднього стану  $s_{k-1}$  і управління на  $k$ -ому кроці  $X_k$  (і не залежить від попередніх станів і керувань). Ця вимога називається «відсутністю післядії». Сформульоване положення записується у вигляді рівнянь:

$$S_k = \varphi_k(S_{k-1}, X_k) \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

які називаються рівняннями станів.

2. Цільова функція (1) є адитивною від показника ефективності кожного кроку. Позначимо показник ефективності  $k$ -го кроку через

$$Z_k = f_k(S_{k-1}, X_k) \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

тоді

$$Z = \sum_{k=1}^n f_k(S_{k-1}, X_k). \quad (4)$$

Задача покрокової оптимізації формулюється так: визначити таке припустиме управління  $X$ , що переводить систему  $S$  зі стану  $S_0$  у стан  $\hat{S}$ , при якому цільова функція (4) приймає найменше значення.

Виділимо особливості моделі динамічного програмування:

1. Задача оптимізації інтерпретується як  $n$ -кроковий процес управління.
2. Цільова функція дорівнює сумі цільових функцій кожного кроку.
3. Вибір управління на  $k$ -тому кроці залежить тільки від стану системи до цього кроку, не впливає на попередні кроки (немає зворотного зв'язку).
4. Стан  $S_k$  після  $k$ -го кроку управління залежить тільки від попереднього стану  $S_{k-1}$  і управління  $X_k$  (відсутність післядії).
5. На кожному кроці управління  $X_k$  залежить від кінцевого числа керуючих перемінних, а стан  $S_k$  – від кінцевого числа параметрів.

Таким чином, модель враховує принцип оптимальності: який би не був стан системи  $S$  системи в результаті якого-небудь числа кроків, на найближчому кроці потрібно вибрати управління так, щоб воно в сукупності з оптимальним управлінням на всіх наступних кроках приводило до оптимального виграшу на всіх кроках, що залишились, включаючи даний.

Принцип оптимальності затверджує, що для будь-якого процесу без зворотного зв'язку оптимальне управління таке, що воно є оптимальним для будь-якого підпроцесу стосовно вихідного стану цього підпроцесу. Тому рішення на кожному кроці виявляється найкращим з погляду управління в цілому.

Використаємо принцип оптимальності на моделі пошуку оптимальної відстані (рисунок 3).

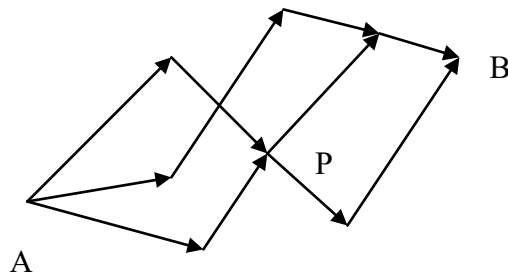


Рисунок 3 – Ациклічна мережа (спрямований граф)

Ребру приписується вага більше нуля. Постановка задачі  $\min (A, B) \rightarrow$

Алгоритм рішення заснований на наступному твердженні:

$$S \mid S(A, P, B) = \min. (AP) \Rightarrow S(P, B) = \min.$$

Послідовність рішень  $\xrightarrow{def}$  стратегія.

На безлічі стратегій  $\xrightarrow{def}$  цільова функція.

Стратегія, на якій цільова функція досягає  $\min \xrightarrow{def}$  Оптимальна стратегія.

Для реалізації методу необхідно:

I Процес рішення перетворити в n-етапний процес.

II Для кожного етапу описати:

а) безліч рішень;

б) безліч початкових станів;

III Для I, II виконаємо принцип оптимальності.

Оптимальна стратегія має таку властивість. Які б не були початкові рішення і стан, досягнуті в результаті цих рішень, подальші рішення повинні бути оптимальними щодо досягнутих станів.

Використаємо спрямований граф (рисунок 1) для знаходження мінімальної відстані з вузла 1 у вузол 16. Реалізація моделі таблична на прикладі станів (n-1), (n-2).

1. Розіб'ємо процес на n-етапів, як показано на рисунку.

2. Для кожного етапу будемо виписувати в таблиці 1 стани S і безліч рішень X.

3. Застосуємо принцип оптимальності Беллмана стосовно до мінімальної відстані, тобто: найкоротший шлях з A в B володіє тією властивістю, що які б не були початкові відрізки цього шляху і пункт P, у який вони привели, подальший шлях повинний бути найкоротшим шляхом з P у B.

У підсумку отримали маршрут 1-5-6-7-8-12-16 з мінімальною відстанню перевезення швидкопсувного вантажу 300 км.

Однак таке рішення завдання не враховує швидкість доставки швидкопсувного вантажу, тобто її зниження у зв'язку з дорожніми умовами, тому пропонується уточнена методика формування маршруту руху, що мінімізує час доставки вантажу.

Підвищення ефективності доставки швидкопсувних вантажів автомобілями шляхом мінімізації часу руху від постачальника до споживача пропонується досягти, виконуючи наступні кроки:

1. Розрахунок швидкості руху транспортного засобу з урахуванням дорожніх умов, використовуючи методику [2], та визначення часу руху на ділянках транспортної мережі.

Значення максимально можливих або припустимих швидкостей руху  $V_{\max}$  на кожній ділянці дороги для кожного періоду року обчислюється, виходячи з параметрів і стану доріг.

Таблиця 1 – Таблична реалізація мінімальної відстані на прикладі станів (n-1), (n-2)

| x  | 16 | $\hat{x}$ | $\hat{f}$ |
|----|----|-----------|-----------|
| s  |    |           |           |
| 12 | 37 | 37        | 16        |
| 15 | 29 | 29        | 16        |

n-1 стан

| x  | 12  | 15  | $\hat{x}$ | $\hat{f}$ |
|----|-----|-----|-----------|-----------|
| s  |     |     |           |           |
| 8  | 128 | 0   | 128       | 12        |
| 11 | 92  | 117 | 92        | 12        |
| 14 | 0   | 136 | 136       | 15        |

n-2 стан

Кожному розрахунковому стану покриття відповідає певний коефіцієнт опору коченню:

$$f_V = f_{20} + K_f \cdot (V - 20), \quad (5)$$

де  $f_{20}$  – коефіцієнт опору коченню при швидкості 20 км/год.; приймаємо його рівним  $f_{20} = 0,01$  згідно з [2];

$K_f$  – коефіцієнт зміни опору коченню залежно від швидкості; приймаємо для вантажного автомобіля  $K_f = 0,0002$  [2];

$V$  – швидкість, для якої визначаються значення  $f_V$ .

Максимально можливу швидкість на прямих ділянках дороги визначають за динамічними характеристиками автомобіля.

Необхідний динамічний фактор:

$$D = f_V \pm i, \quad (6)$$

де  $i$  – поздовжній ухил дороги.

Максимально припустиму швидкість на кривих у плані (км/год.) визначають за умовами стійкості автомобіля при русі покриттям, що перебуває в стані, характерному для розрахункового періоду:

$$V_{\phi \max} = \sqrt{127 \cdot R \cdot (\varphi_2 \pm i_g)}, \quad (7)$$

де  $\varphi_2$  – коефіцієнт поперечного зчеплення; приймаємо  $\varphi_2 = 0,8 \cdot \varphi$ ;

$\varphi$  – коефіцієнт поздовжнього зчеплення; приймаємо  $\varphi = 0,8$  [2];

$i_g$  – поперечний ухил віражу.

При цьому на ділянках, де на обмеження швидкості впливає кілька параметрів доріг, швидкість приймаємо за меншим значенням.

Таким чином, виконаємо розрахунок максимально можливої швидкості руху на кожній ділянці заданої транспортної мережі в наступній послідовності:

- розрахуємо за формулою (5) коефіцієнт опору коченню для швидкості 120 км/год. [2];

- за динамічними характеристиками автомобіля КамАЗ-5320 [3] з урахуванням розрахунку за формулою (6) визначимо максимально можливу швидкість на прямих ділянках доріг;

- використовуючи формулу (7), розрахуємо максимально можливу швидкість на кривих у плані;

- розрахуємо час руху на ділянках мережі з урахуванням дорожніх умов:

$$t_{пyx} = \frac{l_i}{V_{i\phi \max}}, \quad (8)$$

де  $l_i$  – відстань між вершинами або окремими пунктами транспортної мережі, км;

$V_{if\max}$  – максимально можлива швидкість руху на кожній ділянці дороги з урахуванням дорожніх умов, км/год.

Вихідні дані й результати розрахунку часу руху на ділянках мережі з урахуванням дорожніх умов наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Вихідні дані й результати розрахунку часу руху на ділянках мережі з урахуванням дорожніх умов

| № ділянки | Ухил $i$ , % | Радіус кривої в плані $R$ , м | Динамічний фактор $D$ | Швидкість за динамічним фактором $V_{f\max}$ , км/ГОД. | Швидкість за радіусом $V_{f\max}$ , км/ГОД. | Час руху ділянкою $t_p$ , год. |
|-----------|--------------|-------------------------------|-----------------------|--|---|--------------------------------|
| 1-2       | +10          | -                             | 0,04                  | 50   | -   | 0,4                            |
| 1-5       | +30          | -                             | 0,06                  | 35   | -   | 1,94                           |
| 2-3       | +5           | -                             | 0,035                 | 50   | -   | 0,54                           |
| 2-6       | -5           | -                             | 0,025                 | 60   | -   | 1,62                           |
| 3-4       | -20          | -                             | 0,01                  | 90   | -   | 0,37                           |
| 3-7       | +10          | -                             | 0,04                  | 50   | -   | 1,44                           |
| 4-8       | -15          | -                             | 0,015                 | 90   | -   | 1,07                           |
| 5-6       | -10          | -                             | 0,02                  | 80   | -   | 0,35                           |
| 5-9       | +10          | -                             | 0,04                  | 50   | -   | 1,38                           |
| 6-7       | -15          | 100                           | 0,015                 | 90   | 82  | 0,23                           |
| 6-10      | -40          | -                             | -0,01                 | 90   | -   | 0,08                           |
| 7-8       | +10          | -                             | 0,04                  | 50   | -   | 1,14                           |
| 7-11      | +30          | -                             | 0,06                  | 35   | -   | 3,2                            |
| 8-12      | +20          | -                             | 0,06                  | 45   | -   | 2,02                           |
| 9-10      | +10          | 400                           | 0,04                  | 50   | 164   | 1,8                            |
| 9-13      | +5           | -                             | 0,035                 | 50   | -   | 0,28                           |
| 10-11     | -15          | -                             | 0,015                 | 90   | -   | 1,53                           |
| 10-14     | -15          | -                             | 0,015                 | 90   | -   | 1,32                           |
| 11-12     | -10          | -                             | 0,02                  | 80   | -   | 0,69                           |
| 11-15     | -20          | -                             | 0,01                  | 90   | -   | 0,98                           |
| 12-16     | +40          | 200                           | 0,07                  | 32   | 116   | 1,16                           |
| 13-14     | +30          | 300                           | 0,06                  | 35   | 142   | 3,51                           |
| 14-15     | -10          | -                             | 0,02                  | 80   | -   | 1,34                           |
| 15-16     | +20          | -                             | 0,05                  | 45   | -   | 0,64                           |

2. Рішення завдання динамічного програмування з урахуванням часу руху на ділянках транспортної мережі (ланки мережі – час руху між пунктами). Розмічений граф наведено на рисунку 4.

У результаті отримали маршрут 1-2-6-10-11-15-16 з мінімальним часом перевезення швидкокопсувального вантажу 5,25 год.

Попередній маршрут, мінімальний за відстанню перевезення швидкокопсувального вантажу, займе 6,84 год.

Таким чином, запропонована методика дає вигреш у часі на 1,59 год.

**Висновки.** Наукова новизна роботи полягає в уточненні методики розрахунку мінімального часу доставки швидкокопсувального вантажу з урахуванням дорожніх умов.

Практична значимість міститься у визначенні маршруту з мінімальним часом доставки швидкокопсувального вантажу з урахуванням дорожніх умов.



## СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ КЛЕТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Белан С.Н., Моторнюк Р.Л.

Государственный экономико-технологический университет транспорта  
(Киев, Украина)

**Введение.** В настоящее время в системах автоматизации работы железнодорожного транспорта одной из задач является задача идентификации и слежения за движущимися объектами в реальном времени. Для ее решения применяют системы технического зрения с использованием современных достижений, которые используют различные технологии и схемотехнические решения, определяющиеся рядом преимуществ и недостатков. В этом ряду сильно выделяются технологии, построенные на использовании клеточных автоматов (КА), которые дают возможность параллельной обработки массивов данных. Данная работа предназначена для решения задачи определения и идентификации движущихся объектов в реальном времени, а также построения системы эффективного слежения за движущимися объектами в поле зрения системы.

**Актуальность исследований.** На данный момент существует множество систем и различных схемотехнических решений, предназначенных для идентификации объектов. В большинстве своем они нацелены на идентификацию стационарных объектов и продвинулись в этом направлении достаточно далеко. Однако при идентификации движущихся объектов существует ряд трудностей, которые обусловлены точностью определения движущихся объектов без потерь информации. В этом плане первым шагом для идентификации движущихся объектов является их эффективное выделение и дальнейшее слежение в реальном времени. Во время слежения и производится идентификация самого объекта. Получение высоких положительных результатов в этом направлении позволит повысить уровень автоматизации транспортной инфраструктуры.

**Постановка задачи.** Поскольку в реальных условиях на транспорте присутствуют объекты различной сложности, в работе ставится задача построения системы, которая могла бы обрабатывать и распознавать широкий типовой круг изображений, среди которых могут присутствовать номерные знаки, различные геометрические формы объектов, их эмблемы и т.п. При этом, объекты могут быть расположены на различных расстояниях и в различной ориентации к входной апертуре системы технического зрения. Поэтому ставится также задача выделения движущихся объектов и их идентификация на основе клеточных технологий.

**Структура и основные принципы функционирования системы выделения и отслеживания движущихся объектов.** Система содержит видеочкамеру, с помощью которой изображение зоны наблюдения проектируется на поле КА. КА позволяет одновременно обрабатывать всю зрительную картину и реагировать на малейшие изменения на ней параллельно во времени.

Техническая реализация клеток КА, которые определяются как процессорные элементы (ПЭ), и связей между ними дает возможность клеточной структуре выделять движущийся объект в процессе его движения, обработать и идентифицировать его. Для этого осуществляется постоянное сравнение состояний всех ПЭ в текущий момент времени с состоянием в предыдущий момент времени. Если эти состояния одинаковы, то движения в данной клетке не было, а если состоялось изменение, то движение было и на выходе детектора движения выставляется «1». На высококонтрастных изображениях фона и объекта результаты моделирования работы дали очень высокие показатели.

На рис. 1 приведен пример работы клеточной среды по детектированию движения на реальных изображениях с контрастным и малоконтрастным фоном/объектом – а) и б) соответственно. Как видно, бинаризация дает удовлетворительные результаты при работе

с высококонтрастными изображениями и совсем неприемлемы при работе с малоконтрастными реальными изображениями. Единственным выходом является использование многоразрядных ПЭ, которые смогут кодировать и сравнивать не только бинарные, но и многоградационные изображения. Чем меньше градаций, тем больше шумов будет уничтожено, и тем меньше аппаратные затраты на построение ПЭ. Для большинства ситуаций достаточным будет использование 16 оттенков (4-разрядные ПЭ).



Рисунок 1 – Детектирование движения на реальном контрастном изображении а) и малоконтрастном изображении б), приведенных к бинарному

На реальных изображениях, полученных из кадров видеопотока (рис. 2), почти вся площадь изображения покрывается сеткой ПЭ, которые сработали на изменение кода серого цвета от предыдущего к текущему кадру. Это происходит потому, что на реальном видео при оцифровке каждый пиксель может не получать одинаковые коды цвета, даже если никаких изменений в этой точке не происходило.

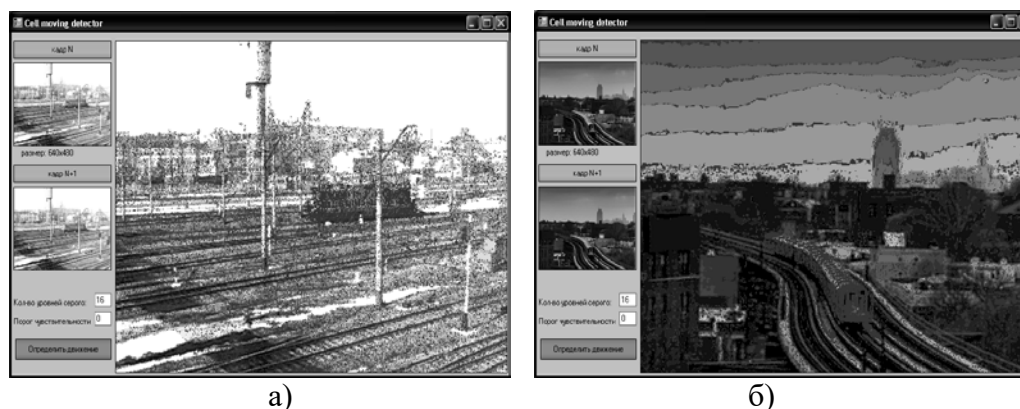


Рисунок 2 – Детектирование движения на реальном контрастном изображении а), и малоконтрастном изображении б), приведенных к 16 оттенкам серого

Для того, чтобы ПЭ не срабатывали на такие «одинаковые» цвета, достаточно ввести порог чувствительности. Все изменения кода цвета пикселя, меньшие порога, считают такими, в которых движение не было зафиксировано, и наоборот для пикселей, с изменением кода цвета, большим порогового уровня – считают такими, которые зафиксировали движение. Пример работы ПЭ с введением определенного порогового уровня приведен на рис. 3.

При фильтрации единичных помех для всех ПЭ, в которых было зафиксировано движение, проверяется состояние всех соседних ПЭ. Если в них движение не было зафиксировано – считается данная клетка ошибочной и снимается с его выхода сигнал наличия движения.





Рисунок 3 – Работа ПЭ с использованием порогового уровня для отсеивания «одинаковых» кодов серого оттенка

**Вывод.** Предложенный метод позволяет выделять, обрабатывать и распознавать движущиеся объекты в реальном времени за счет использования КА. Проведенное программное моделирование показало возможность определять любые изменения параметров объектов и в реальном времени идентифицировать их во время движения.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОПУСКОМ СУДОВ ЧЕРЕЗ ШЛЮЗ**

Белоусов И.В., Самосейко В.Ф.

Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций  
(Россия)

Интенсивность движения по судоходным шлюзованным каналам имеет тенденцию к увеличению. Соответственно возрастает роль управления движением судов по шлюзованным каналам. Для решения проблем управления судоходством в последнее время интенсивно привлекаются современные информационные технологии. К таким технологиям можно отнести компьютерное управление шлюзом, а также использование систем автоматической идентификации судов (АИС, AIS). Системы автоматической идентификации судов являются навигационными системами, предназначенными для обмена навигационной информацией между судами и береговыми службами. В соответствии с требованиями Международной конвенции SOLAS-74 (глава V «Безопасность мореплавания») все суда водоизмещением более 300 тонн должны быть оборудованы аппаратурой АИС класса А.

Внедрение компьютерных автоматизированных систем управления технологическим процессом шлюзования (АСУ ТП) и автоматических идентификационных систем (АИС) создает основу для создания инновационных технологий, повышающих эффективность пропуска судов через шлюз. Кафедра электропривода и электрооборудования береговых установок Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций разработала алгоритм автоматизированного и автоматического управления процессом шлюзования и пропуска судов через шлюз. Алгоритм порядка шлюзования судов формализован и может быть использован не только для управления движением судов через шлюз, но и по шлюзованному судоходному каналу в целом. Алгоритм предполагает наличие логики, определяющей технологию работы шлюза, в которую вписана процедура мониторинга судов и определения порядка их шлюзования. Такой алгоритм, по сути, является искусственным интеллектом, помогающим вахтенному начальнику шлюза.

Сущность предлагаемого алгоритма состоит в следующем:

- 1) Определение совокупности судов в зоне действия АИС и передача информации в АСУ ТП шлюза;
- 2) Прогнозирование времени подхода судов;
- 3) Выделение совокупности возможных сценариев шлюзования с учетом приоритетов;
- 4) Выбор сценария шлюзований по минимуму суммарного простоя судов или грузов. Вывод на экран рекомендаций вахтенному начальнику шлюза (канала) об оптимальном сценарии шлюзования (возможна автоматическая реализация оптимального сценария шлюзований без участия оператора);
- 5) Сообщение судоводителю о желаемом времени подхода к шлюзу.

Проводилось сравнение вариантов выбора расписаний шлюзования, определенных человеком и компьютером. Анализ работы человека показывает, что при низкой плотности потока судов он хорошо справляется с определением порядка следования судов через шлюз. Этот порядок практически всегда совпадает с оптимальным вариантом шлюзований, предлагаемым искусственным интеллектом. При увеличении интенсивности потока судов увеличивается многообразие вариантов шлюзований. В этом случае человек не может перебрать большое количество вариантов шлюзований на большом промежутке времени и решения, принимаемые вахтенным начальником шлюза, не всегда совпадают с расписанием шлюзований, предлагаемом на основе формальной логики.

Внедрение искусственного интеллекта, определяющего оптимальный порядок шлюзований, позволит уменьшить время простоя судов в ожидании шлюзований и определит расписание движения судов. Введение расписания при наличии средств передачи информации о расписании на суда приведет к экономии топлива на судах.

## ИНТЕРНЕТ-МОНИТОРИНГ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ТРАНСПОРТНОГО СУДНА

Варбанец Р.А., Ивановский В.Г., Кучеренко Ю.Н., Головань А.И.  
Одесский национальный морской университет  
(Украина)

**Актуальность** проблемы on-line мониторинга параметров энергетической установки (СЭУ) и контроля уровня технической эксплуатации судна вызвана следующими фактами: общей тенденцией на повышение мировых цен на легкое и тяжелое морское топливо; жесткими условиями конкуренции в пост-кризисный период; ужесточающимися требованиями ИМО в части вредных выбросов в окружающую среду (МАРПОЛ 73/78, Пр. IV) [1] и т.д.

В настоящее время проблема on-line мониторинга СЭУ решается очень небольшим количеством судоходных компаний. Это является следствием сложности получения эксплуатационных характеристик основных энергетических объектов СЭУ в реальном времени, а также высокой стоимости передачи этих данных на стационарный сервер. Большинство судоходных компаний довольствуются общими данными АИС по судну, полученными на сайте [www.marinetraffic.com](http://www.marinetraffic.com).

Лаборатория диагностики судовых дизелей DEPAS lab. ([www.depas.od.ua](http://www.depas.od.ua)) разработала систему интернет-мониторинга энергетической установки (СЭУ) морских и речных транспортных судов – систему мониторинга DFM ([www.dfm.od.ua](http://www.dfm.od.ua), *гостевые реквизиты: имя: guest, пароль: guest*, см. рис. 1). В базовые задачи системы входит on-line мониторинг следующих основных объектов СЭУ: главных двигателей (2-х), вспомогательных двигателей (до 4-х дизельгенераторов) и судового котла. В системе также предусмотрено подключение дополнительных объектов СЭУ.

Система базируется на современных технологиях определения эффективных параметров СЭУ в процессе эксплуатации судна [2, 3]. Определение в эксплуатации реальных значений эффективной мощности главных и вспомогательных двигателей позволяет максимально корректно определять фактический расход топлива/масла, а также контролировать техническое состояние дизелей (см. рис. 2). Такая информация позволяет с одной стороны производить тщательный контроль расхода ГСМ, а с другой стороны позволяет поддерживать нормальное техническое состояние основных объектов СЭУ силами технического персонала судна.

Известно, что существует техническая проблема определения величины расхода топлива в эксплуатации с помощью разного рода расходомеров. Практически невозможно объяснить колебания расхода в широких диапазонах, не учитывая внешние условия эксплуатации судна, фактор обрастания корпуса и состояние двигателей. Сложность установки расходомеров объясняется также тем, что на большинстве дизелей существует обратная отсечная магистраль, а значит, нужно устанавливать два (!) дорогостоящих расходомера, работа которых происходит в среде со значительными гидродинамическими пульсациями. Кроме того, существуют неконтролируемые протечки и субъективный человеческий фактор, что в совокупности сводит на нет все усилия по непосредственному контролю расхода топлива в эксплуатации.

В некоторых on-line системах слежения за судами практикуется оценка расхода топлива с помощью расчетных моделей методами вычислительной гидродинамики. Не вдаваясь в технические подробности и не акцентируя внимание на погрешности гидродинамических моделей, можно отметить, что без учета внешних факторов они работают весьма приблизительно. Например, при плавании по реке с переменным форватером, с переменной глубиной и течением, оперируя только скоростью судна по gps, полученной с интервалами времени в десятки минут, нельзя точно оценить требуемую

мощность СЭУ и тем более расход топлива. Подобные системы on-line мониторинга носят не инженерный, а, скорее, административный характер.

[www.dfm.od.ua/fm/index\\_v3.py](http://www.dfm.od.ua/fm/index_v3.py)



Рисунок 1 – Отображение маршрута судна по карте Google maps

Очевидное решение перечисленных проблем заключается в максимально корректной оценке эффективных показателей СЭУ, в первую очередь – мощности и момента на гребном валу главных двигателей (см. рис. 3). В этом случае, влияние всех внешних факторов (погоды, осадков, глубины под килем, обрастания, течения, повреждения или дефектов винторулевого комплекса и т.д.) учитываются по эффективной мощности на валу. В конечном итоге, именно удельный эффективный расход топлива  $b_e [g/kWh \cdot h]$  является паспортной величиной двигателя и может быть принят официальными инстанциями в качестве независимого экспертного критерия в спорных ситуациях [4]. Изменение  $b_e$  в зависимости от технического состояния двигателей носит предсказуемый характер и может быть определено при теплотехнических испытаниях [5].

На определении эффективных показателей СЭУ базируется система DFM. Разработчиками потрачены значительные усилия для того, чтобы добиться максимально корректной оценки эффективной мощности судовых дизелей. Параллельно с определением мощности в кВт (или э.л.с) производится высокоточный контроль частоты вращения двигателей и оценка фактического спектра крутильных колебаний, для выявления опасных режимов работы.

|  |                                     |  |
|--|-------------------------------------|--|
| Отчетный период, сутки:  | 2011-03-23 00:00 – 2011-03-24 23:59 | Стоянка: 23-03-2011 00:02 --- 23-03-2011 07:05<br>Ход: 23-03-2011 07:17 --- 23-03-2011 12:56<br>Ход: 23-03-2011 13:20 --- 23-03-2011 13:32<br>Ход: 23-03-2011 13:59 --- 24-03-2011 11:59<br><br>* ход – скорость по GPS больше 1 узла (1,852 км/ч) |
| Пройденный путь, мили (км):                                    | 193 (357)                           |  |
| Средняя скорость по GPS, узлы (км/ч):                          | 6.9 (12.7)                          |  |
| Частота КВ ГД1 (левый) / ГД2 (правый), мин <sup>-1</sup> :     | 271.0 / 271.0                       |  |
| № ГД1 (левый) / ГД2 (правый), э.л.с.:                          | 434.0 / 443.8                       |  |
| № ГД сумм, э.л.с.:   | 877.8                               |  |
| Время работы ГД1 (левый) / ГД2 (правый), часы:                 | 37.7 / 37.5                         |  |
| Расход топлива ГД1 (левый) / ГД2 (правый), кг:                 | 2571.0 / 2612.0                     |  |
| Расход масла ГД1 (левый) / ГД2 (правый), кг:                   | 23.0 / 23.0                         |  |
| Нагрузка ДГ1 / ДГ2 / ДГ3, кВт:                                 | 92.3 / 38.1 / 0.0                   |  |
| Время работы ДГ1 / ДГ2 / ДГ3, час:                             | 0.1 / 48.0 / 0.0                    |  |
| Расход топлива ДГ1 / ДГ2 / ДГ3, кг:                            | 3.0 / 556.0 / 0.0                   |  |
| Расход масла ДГ1 / ДГ2 / ДГ3, кг:                              | 0.0 / 4.0 / 0.0                     |  |
| Время работы котла, час:                                       | 14.9                                |  |
| Расход топлива котлом, кг:                                     | 745.0                               |  |
| Суммарный расход топлива за отчетный период ГД+Котел / ДГ, кг: | 5928.0 / 559.0                      |  |
| Суммарный расход масла за отчетный период, кг:                 | 50.0                                |  |
|  |                                     |  |

Рисунок 2 – Представление сводных данных эксплуатационных параметров СЭУ

Система, рассчитанная на определение параметров основных объектов СЭУ и привязанная к ним сенсорами, рассредоточена по всему машинному отделению судна. Известно, что уровень электромагнитных помех во время эксплуатации весьма высок. В ряде случаев электромагнитные помехи на длинных кабельных трассах и некачественное заземление (или зануление) объектов СЭУ значительно увеличивают погрешность измерения или даже сводят на нет все усилия по точной оценке рабочих параметров. Именно поэтому гальванические связи между отдельными блоками системы и датчиками в условиях машинного отделения судна являются техническим «атавизмом» и не используются в современных системах сбора данных. Существуют современные компьютерные беспроводные Mesh-сети, которые кардинально решают эту проблему. Именно такая технология беспроводной передачи данных реализована в DFM.

Система DFM производит отображение маршрута следования судна по карте Google maps. В связи с этим актуальной является задача корректного выбора частоты дискретизации данных (опроса позиции по gprs и всех датчиков в машинном отделении). При большом интервале времени между опросами может произойти эффект «плавания судна по берегам». Корректность расчета расхода топлива и мощности главных двигателей в этом случае также весьма сомнительна. Эта проблема особенно актуальна для речных судов. В DFM дискретность получения данных составляет не более 60 секунд, что заведомо меньше постоянных времени как самого судна, так и контролируемых объектов СЭУ.

Системы DFM являются легко расширяемыми. В состав системы могут быть включены дополнительные датчики, позволяющие производить мониторинг других объектов СЭУ, например, контролировать шаг винта ВРШ или работу мощных вспомогательных механизмов.

Доступ к информации, передаваемой с судна по одному из каналов связи (GPRS, INMARSAT или спутниковая связь), организован через интернет (www.dfm.od.ua). Судовладельцу достаточно иметь выход в интернет и параметры авторизации, чтобы из любой точки мира круглосуточно получать информацию по своим судам. Установка системы производится представителями DEPAS lab. в течение короткого времени стоянки судна в порту. Беспроводные технологии обмена данными не требуют прокладки кабельных трасс, минимизируют время установки и позволяют снизить стоимость всей установки, наряду с повышением ее надежности и помехозащищенности.

### Выводы.

Основываясь на результатах работы системы DFM, судовладелец может:

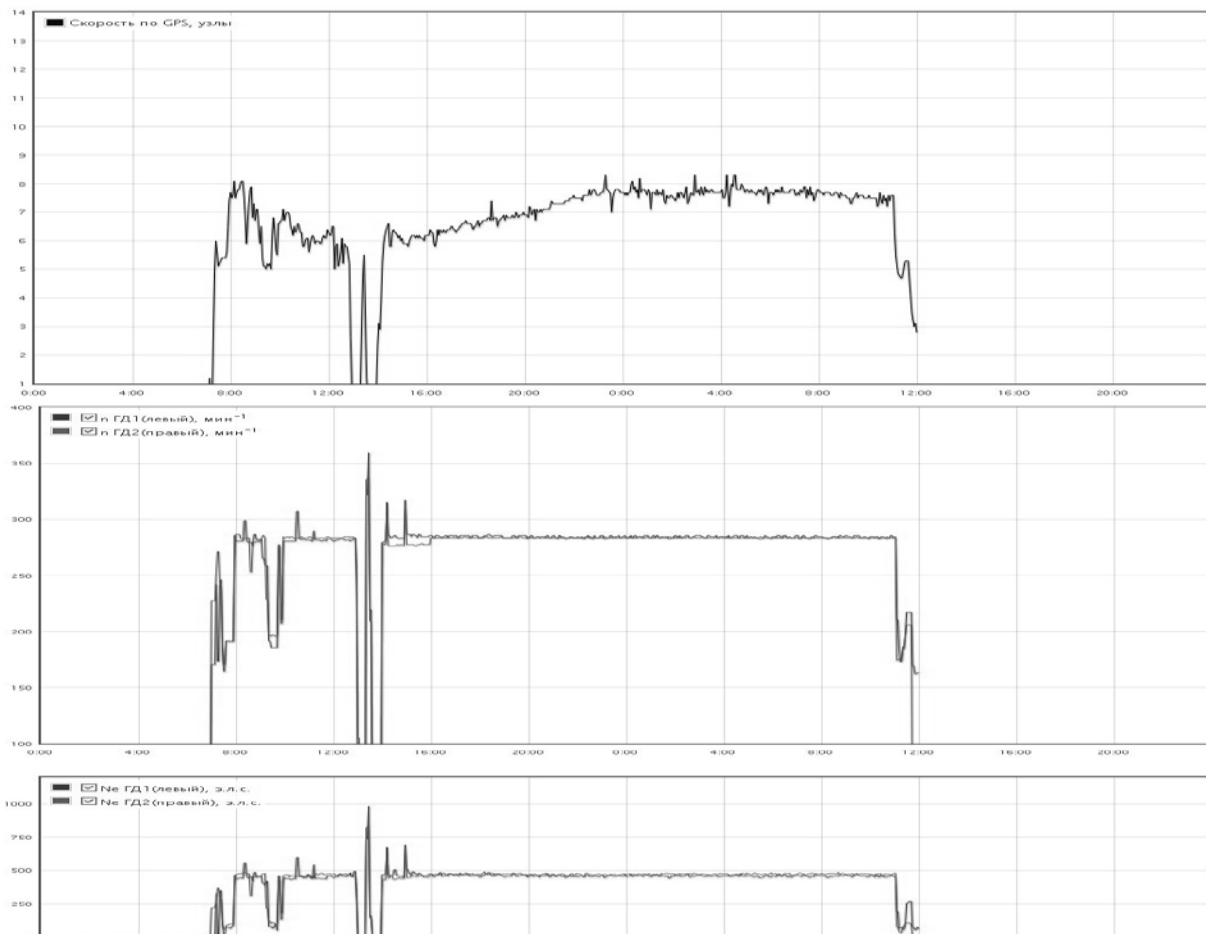


Рисунок 3 – Изменение скорости судна, оборотов ГВ и мощности ГД за отчетный период

- проводить анализ фактической мощности и потребления топлива/масла СЭУ;
- производить оптимизацию технических характеристик СЭУ;
- производить планирование ремонтов и учет расхода запасных частей, основанный на определении фактического времени наработки объектов СЭУ;
- систематически проводить мероприятия по уменьшению расхода топлива с постоянным контролем эффективности принимаемых решений.

Дальнейшее развитие методов мониторинга технического состояния СЭУ транспортного судна может производиться в следующих направлениях: более подробный мониторинг характеристик тепловых и механических нагрузок главных энергетических объектов и повышение частоты дискретизации данных, одновременно со снижением стоимости их передачи на стационарный сервер. Последнее будет зависеть от уровня развития современных спутниковых средств коммуникации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Торский В.Г. МАРПОЛ: практическое пособие / В.Г. Торский, А.И. Сагайдак, В.И. Любченко. – Одесса: АстроПринт, 1999. – 264 с. – (Сер. «Безопасность и качество»)
2. Камкин С.В. Эксплуатация судовых дизелей: [учебник для вузов] / Камкин С.В., Возницкий И.В., Шмелев В.П. – М.: Транспорт, 1990. – 344 с.
3. Варбанец Р.А. Системы компьютерной диагностики судовых дизелей / Р. А. Варбанец // Судостроение. – 2004. – № 6. – С. 24-27.
4. Ваншейдт В.А. Судовые двигатели внутреннего сгорания. – Л.: «Судостроение», 1977.
5. Фомин Ю.Я., Никонов Г.В., Ивановский В.Г. Топливная аппаратура дизелей: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 168 с.

## ІНФОРМАЦІЙНІ ПОТОКИ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ РУХОМ СУДЕН

Вільський Г.Б., Надич М.М.  
Миколаївський політехнічний інститут  
(Україна)

Сучасне судно є складною технічною системою, рух якої здійснюється завдяки своєчасним, синхронним та точним діям судноводія, який виконує швидко та якісну оцінку інформації, що надходить до системи керування судном від різних джерел у вигляді інформаційних потоків. Уся сукупність інформаційних процесів на маршруті проявляється у вигляді постійних, регулярних та випадкових повідомлень як позитивного, так і негативного змісту [1, 2]. Тому характеристика судна як об'єкту інформаційної безпеки вимагає створення таких методик, які дадуть змогу оперативно виконувати аналіз інформаційного простору та формувати корегуючі дії на систему управління судном. Пошук та дослідження нових методів аналізу інформаційного простору водних шляхів є проблемою сучасного судноплавства, розв'язанням якої є розробка базових компонентів та комплексів управління складними системами [3, 4].

Тому на сьогоднішній день актуальною є розробка алгоритму дослідження інформаційного простору руху судна, який дескриптивним, матричним і графологічним методами моделювання інформаційних потоків, на основі теореми Радона – Никодима та з використанням розподілів Гауса і Пуассона дозволяють створити кластерно-імовірнісну методологію дослідження інформаційної безпеки судна як об'єкта інформаційної безпеки. Даний метод дослідження покладений в основу способу гарантованої передачі інформації в судноплавстві, блок-схема апаратних засобів якого наведена на (рис. 1).

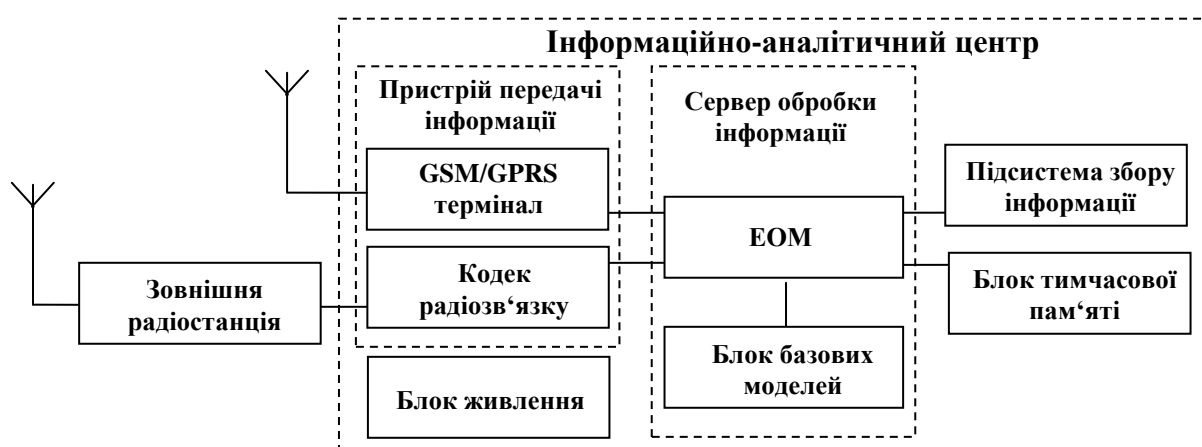


Рисунок 1 – Блок-схема апаратних засобів способу гарантованої передачі інформації

Алгоритм дослідження інформаційного простору руху судна включає такі етапи:

- аналіз інформаційних потоків матричним і графологічним методами дослідження;
- побудова комп'ютерної моделі інформаційного простору процесу управління судном та виявлення найбільш пріоритетних інформаційних потоків;
- кластеризація інформаційних потоків за пріоритетністю факторів загроз;
- дослідження інформаційного простору судна імовірно-статистичними методами математичної статистики на основі теореми Радона – Никодима;
- дослідження високоімовірнісних загроз інформаційної безпеки за допомогою нормального розподілу Гауса;
- дослідження низькоімовірнісних загроз інформаційної безпеки за допомогою розподілу Пуассона;

- побудова комп'ютерної моделі інформаційного простору процесу судноплавства.

На перших етапах проводиться декомпозиція інформації, кластеризація інформаційних потоків та виділення кластерів інформаційної безпеки управління судном. Найбільш доцільними методами дослідження інформаційних потоків водних шляхів є матричний та графоаналітичний методи. Результатом дослідження є побудова графу, його матриці та тривимірної моделі інформаційного простору процесу судноплавства в кожній точці маршруту (рис. 2).

Кластеризація інформаційних потоків здійснюється за допомогою коефіцієнта кластеризації

$$K_{КС} = \frac{n_{lm}}{n_{ll} + n_{mm} - n_{lm}}$$

і дає можливість побудови інформаційного фонду процесу управління судном, а в разі необхідності – його реконструкції.

Наступні етапи дослідження інформаційного простору базуються на використанні імовірнісних методів математичного опису небезпек та передумов їх виникнення. В основу методів покладена теорема Родона – Нікодима,

$$P = \iint_{Z_1} f(x, y) dx dy$$

Вона дає можливість розрахунку параметрів безпечної судової зони для її геометричної побудови у вигляді двовимірної області  $Z_1$ , що з імовірністю  $P$ , близької до одиниці, містила б істинне положення об'єкта [5].

При цьому, небезпеки з високою імовірністю реалізації доцільно опрацьовувати на основі нормального статистичного розподілу Гауса, аналітичний вираз густини розподілу якого має вид

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left[-\left(\frac{(x-\mu_x)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)\right]$$

Для факторів небезпек та їх передумов, які мають низьку імовірність реалізації доречним є використовувати статистичний розподіл Пуассона, який є частковим випадком біноміального розподілу і має такий аналітичний запис густини розподілу

$$f(x, y) = \frac{x^n \cdot y^m}{n!m!} \exp[-((x-\mu_x) + (y-\mu_y))] dx dy$$

Використання статистичних методів математичного моделювання інформаційної безпеки дає можливість побудови зон безпечного та небезпечного руху судна, складає повну картину про характер та ступінь впливу небезпек і їх передумов на безпечний рух судна.

Таким чином, дослідження інформаційного простору процесу управління судном вирішує важливі питання теоретичного моделювання інформаційної безпеки суден. Результати роботи дозволяють побудувати модель інформаційного простору процесу судноплавства, яка встановлює пріоритетність потоків та показує їх внутрішній взаємозв'язок з джерелами. Створена теоретична база для практичного моделювання й прогнозування аварійних ситуацій у процесі судноводіння сприяє виявленню причинно-наслідкових зв'язків аварійності суден.

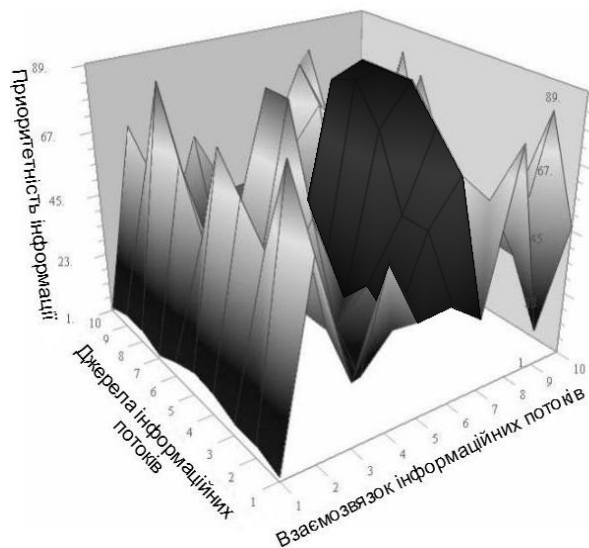


Рисунок 2 – Модель інформаційного простору процесу судноплавства



## ЛІТЕРАТУРА

1. Топалов В.П., Торский В.Г., Торский В.В. К вопросу об информационном обеспечении вахтенного офицера // Судовождение. Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 17. – Одесса: «ИздатИнформ», 2009. – С. 176-186.
2. Мальцев А.С., Вильский Г.Б. Информационная безопасность системы принятия решений по управлению судном: матеріали другої Міжнародної науково-практичної конференції [Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010)]. (Херсон, 25-27 травня 2010) / МОН України. Херсонський державний морський інститут – Херсон: Херсонський державний морський інститут, 2010. – 280 с.
3. Вильский Г.Б. Исследование информационной безопасности водных путей. // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 18. – Одесса: «ИздатИнформ», 2010. – С. 38-47.
4. Мальцев А.С. Теория и практика безопасного управления судном при маневрировании. Дис...докт. техн. наук: 05.22.16. – Одесса, 2007. – 395 с.
5. Алексишин А.В. Використання зони безпеки судна для зниження аварійності // Судноводіння. – 2005. – № 10. – С. 3-8.

## КОМПЛЕКСНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДОВ

Вильский Г.Б., Пилюгин С.В., Надич М.М.  
Николаевский политехнический институт  
(Украина)

Плавание судов в открытом море и в прибрежных водах невозможно без надлежащим образом организованной и эффективно функционирующей системы оказания услуг по безопасному движению. Известны системы, предоставляющие информационные услуги по организации безопасного движения на водных путях с постов регулирования движения судов. Они содержат центр управления судоходством, обеспечены средствами радиосвязи, обработки и преобразования информации, имеют электронно-вычислительные машины и посты регулирования движения судов. Технические средства систем передают на суда фрагментарную информацию, не учитывающую факторы угроз безопасности по местоположению на маршруте и ситуаций приближения и расхождения судов. Оказание помощи судам в принятии решений по обеспечению навигационной и мореходной безопасности выполняется без предоставления данных угроз информационной безопасности. Потому совершенствование услуг безопасного движения судов связано с созданием информационно-аналитических систем с компонентой безопасности информационного пространства водного пути [1, 2, 3].

Исследование информационных потоков на БДЛК и ХМК (характеристика, классификация, количественная оценка) позволяет выделить основные источники и потребители информации в системе информационной поддержки [4]. При этом, каждый поток информации проходит несколько этапов:

- этап планирования судопроходов (в систему поступают заявки на проводки судов);
- этап анализа и составления плана;
- этап судопрохода.

Классификация информации системы информационной поддержки на БДЛК и ХМК может быть осуществлена по нескольким признакам:

- по времени поступления – предварительная информация либо информация судопрохода;
- по источнику информации;
- по способу поступления – в бумажном виде, телефон, радио, региональная вычислительная сеть, Интернет;
- по виду представления: цифровая, звуковая, видеоинформация;
- по темпу поступления – одноразово (заявки), несколько раз в сутки (планы движения) либо периодически (координатная информация – раз в несколько минут от АИС, несколько секунд – от РЛС).

Информация каждого судопрохода имеет четкую структуру, которая включает в себя постоянную информацию судна, переменную информацию судна, постоянную информацию судопрохода, переменную информацию судопрохода.

Предоставление информационных услуг на БДЛК и ХМК осуществляется по общему алгоритму, состоящему из нескольких взаимосвязанных алгоритмов, основными из которых являются:

- алгоритм планирования движения судов;
- алгоритм контроля за движением судов;
- алгоритм анализа и статистики;
- алгоритм информационной безопасности;
- сервисные программы.

Взаимодействие алгоритмов обеспечивается наличием региональной сети обмена данных.

Предложенная информационно-аналитическая система управления движением судов (рис. 1) включает в себя реализацию всех вышеперечисленных алгоритмов [5, 6].

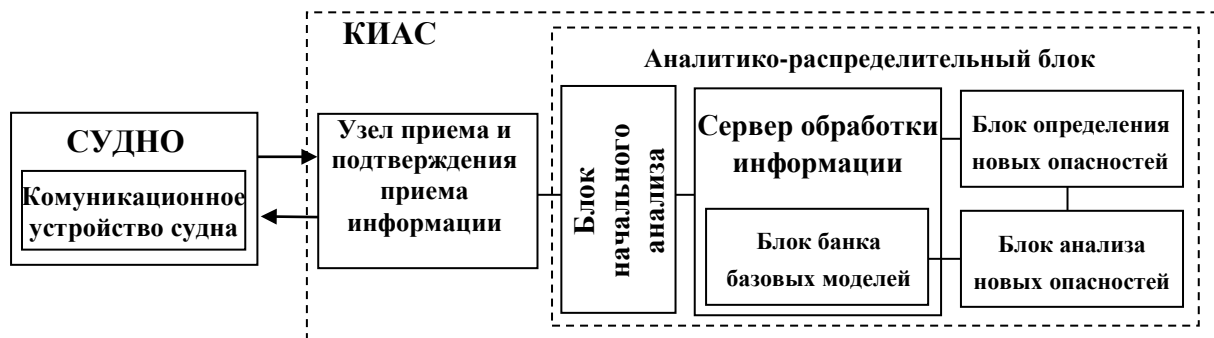


Рисунок 1 – Блок-схема компьютерной информационно-аналитической системы оказания услуг в судоходстве

Однако, учитывая условия стесненного движения судов по БДЛК и ХМК, следует особое внимание уделить реализации алгоритма информационной безопасности, который включает этапы анализа информационных потоков и определение их приоритетности, исследование причинно-следственных взаимосвязей угроз и их предпосылок статистическими методами исследования и построение модели пространства информационной безопасности судна. Обработка информации с учетом информационных угроз по вышеуказанному алгоритму производится в аналитико-распределительном блоке системы (рис. 1).

Таким образом, процесс управления судном, особенно в стесненных условиях БДЛК и ХМК, требует наличие особых информационно-аналитических систем, в которые, как особенно важный компонент, включена реализация алгоритма информационной безопасности, позволяющая осуществлять анализ опасных факторов и их предпосылок на маршруте следования судна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вильский Г.Б., Мальцев А.С., Бездольный В.В., Гончаров Е.И. Навигационная безопасность при лоцманской проводке судов. – Одесса-Николаев: Фенікс, 2007. – 456 с.
2. Вильский Г.Б., Мальцев А.С. Информационная безопасность в управлении судном // Рыбное хозяйство Украины: Научно-практический журнал. / КГМТУ, № 3 (68). – Керчь: Издательство КГМТУ, 2010. – С. 24-26.
3. Информационная безопасность системы принятия решений по управлению судном: матеріали другої Міжнародної науково-практичної конференції [Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010)]. (Херсон, 25-27 травня 2010) / МОН України. Херсонський державний морський інститут – Херсон: Херсонський державний морський інститут, 2010. – 280 с.
4. Хетагуров Я.А., Дреус Ю.Г. Проектирование информационно-вычислительных комплексов. – М., 1987. – 280 с.
5. Система керування рухом суден. Деклараційний патент України на корисну модель № 5127 від 07.07.2004 р., Бюл. № 2, 2005 р.
6. Система надання інформаційних послуг. Деклараційний патент України на корисну модель № 32997, Бюл. № 11, 2008 р.

## ДІАГНОСТИКА АЕРОДИНАМІЧНОГО СТАНУ ЛІТАКА У ПОЛЬОТІ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОМЕРЕЖ

Гладинюк Б.В.  
Національний авіаційний університет  
(Київ, Україна)

**Вступ.** Стан зовнішньої поверхні літака у польоті зазнає впливу зовнішніх механічних, біологічних, електромеханічних та електричних факторів. Ось чому на сьогодні важливою задачею є діагностування, так як пошкодження мають випадковий характер і їх появу не можна передбачити. Для цього використовують велику кількість методик, однією з найновіших серед них є нейронні мережі.

**Актуальність досліджень.** Останнім часом спостерігається тенденція зростання інтересу до використання нейронних мереж для вирішення різних завдань і використання їх у різних сферах людського життя. З використанням нейронних мереж відкрилися можливості використання обчислень у сферах, що до цього часу відносяться лише до області людського інтелекту, можливості створення машин, здатність яких вчитися і запам'ятовувати, що нагадує розумові процеси людини.

**Постановка задачі.** Провести аналіз пошкоджень аеродинамічного стану повітряного судна у польоті.

**Результати досліджень.** Аналізувати пошкодження літака можна декількома методами. За допомогою традиційних методів (з використанням стандартних датчиків), імунних, нейронечітких мереж, нейронних мереж адаптивної резонансної теорії (АРТ).

Імунні мережі – засновані на принципах функціонування імунної системи хребетних, яка виступає «другим» інтелектом – як і нервова система, має такі властивості, як пам'ять, здатність навчатися, вміння розпізнавати і приймати рішення про те, як поводитися в нових ситуаціях. Методи, засновані на концепції штучних імунних мереж, використовуються в задачах розпізнавання образів, прогнозуванні й багатьох інших.

Нейронечіткі мережі – дозволяють оперувати з нечіткою, неточною інформацією. Дають можливість використання якісних, а не кількісних характеристик, що дозволяє маніпулювати лінгвістичними поняттями і знаннями, висловлюваними на звичайній мові.

Але найбільш перспективними методами на даний час є АРТ. Нейронні мережі адаптивної резонансної теорії – динамічні об'єкти, що описуються системами диференціальних рівнянь. Мережі і алгоритми АРТ зберігають пластичність, необхідну для вивчення нових образів, у той же час запобігаючи зміні раніше запам'ятовуваних образів. Ця здатність стимулювала великий інтерес до АРТ.

Аеродинамічний стан літака залежить від стану його зовнішньої поверхні. Зовнішня поверхня при тривалій експлуатації змінює свій стан за рахунок виникнення шорсткості, сколів поверхні, висовування заклепок за межі обводів. Але найбільш небезпечним є зіткнення зовнішньої поверхні літака з механічними, біологічними або електричними формуваннями. Проблема діагностики стану зовнішньої поверхні літака у польоті може бути вирішена на основі нейронних мереж, які прогнозують динаміку об'єктів. Проаналізуємо випадок, коли контрольований об'єкт може бути описаний як лінійна стохастична система різницею рівнянням вигляду:

$$\begin{aligned} y(t_k) = & b_1 y(t_{k-1}) + b_2 y(t_{k-2}) + \dots + b_n y(t_{k-n}) + b_{n+1} u(t_{k-1}) + \\ & + b_{n+2} u(t_{k-2}) + \dots + b_{n+q} u(t_{k-q}) + \delta(t_k) = B^T x(t_k) + \delta(t_k) \end{aligned} \quad (1)$$

де  $y(t_k)$  і  $u(t_k)$  – відповідно вихідна змінна і управління об'єктом у момент часу,  $t = t_k$ ;  
 $B^T = (b_1, b_2, \dots, b_n, \dots, b_{n+q})^T$  – вектор у загальному випадку невідомих параметрів;  $\delta(t_k)$  –  
обурення типу білого шуму;  $x(t_k) = (y(t_{k-1}), y(t_{k-2}), \dots, u(t_{k-q}))$  – вектор узагальнених входів у  
момент часу  $t_k$ .

**Висновки.** Мережі АРТ є цікавим і важливим типом систем. Архітектура АРТ сконструйована за принципом біологічної подібності. Це означає, що її механізми багато в чому відповідають механізмам мозку. Також даний метод має швидкий тип навчання, що дає вигоду у часі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Казак В.М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті. – К.: Вид. НАУ-друк, 2010. – 284 с.
2. Носков В.И., Дмитриенко В.Д., Заполовекій Н.И., Леонов С.Ю. Моделирование и оптимизация систем управления и контроля локомотивов: Научное издание. – Харьков: ХФИ «Транспорт Украины», 2003. – 248 с.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ С ПОЗИЦИИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ УСТАЛОСТИ МЕТАЛЛА КОРПУСА И МЕХАНИЗМОВ СУДНА

Завальнюк О.П., Нестеренко В.Б.

Вуз «Херсонский государственный морской институт» (Украина),

Безлюдько Г.Я.

Научно-производственная фирма «Специальные научные разработки»

(Харьков, Украина)

**Введение.** Развитие Украины как морской державы не может рассматриваться без решения вопросов обеспечения безопасности и надежности морских сооружений, судов и мореплавания в целом, а понятие «успешная работа морской отрасли» неразделимо с понятием «безопасность» и только безаварийная работа флота и портов может считаться успешной и прибыльной.

**Актуальность исследований.** В связи с интенсивным развитием народного хозяйства в послевоенные годы, бурным строительством гидро-, теплоэлектростанций, мостов, нефте-, газопроводов, в том числе, и судов морского флота, а также незначительным обновлением основных фондов в дальнейшем, особенно после распада СССР, в настоящее время подходят к концу проектные сроки эксплуатации указанных объектов. Имеет место резкое увеличение их аварийности. В данных условиях в морской отрасли весьма актуальным является проведение усталостного контроля металла корпуса и механизмов судов, как обязательной составляющей эксплуатационной диагностики «по состоянию», обоснованно продлевая срок службы судов или своевременно указывая на их «болевые точки», требующие немедленного ремонта.

Оценка состояния технических объектов [1], как в начале, так и в течение срока службы, сегодня основана на радиационном, рентгеновском, ультразвуковом, магнитопорошковом и других методах неразрушающего контроля. Все эти методы [2] работают как дефектоскопические, то есть каждым из них анализируют только дефектность материала объекта. Очевидно, что состоятельный комплексный анализ металла корпуса и механизмов судна невозможен на основе только дефектоскопической информации. Здесь, в первую очередь, необходимы [2]: оценка напряженно-деформированного усталостного состояния, степени структурной и фазовой неоднородности металла.

**Постановка задачи.** Целью исследования является выбор и обоснование внедрения в морскую отрасль наиболее оптимального метода неразрушающего контроля для оценки усталости металла корпуса и механизмов судна.

**Результаты исследований.** Рассматриваемая проблема в настоящее время является весьма актуальной и требует детальных прикладных научных исследований, для чего в Херсонском государственном морском институте при кафедре судовождения, охраны труда и окружающей среды действует научно-исследовательская лаборатория «Безопасность грузовых и балластных операций морских судов». В рамках работы лаборатории ее сотрудниками был выбран и внедряется метод неразрушающего контроля по измерениям коэрцитивной силы. Метод [2] апробирован практически, подкреплён приборно, методически и построен на известном физическом явлении, показывающем, что магнитная характеристика металла – коэрцитивная сила – хорошо чувствует всю совокупность особенностей, которые приводят к деградации металла, а также каждый из этих факторов в отдельности.

Предлагаемая методика неразрушающего контроля по измерениям коэрцитивной силы успешно зарекомендовала себя на предприятиях железнодорожного и трубопроводного транспортов, в металлургии и крановом хозяйстве. Метод применим для оценки напряженно-деформированного усталостного состояния судовых конструкций и

механизмов: корпуса судна в целом; деталей судового оборудования, силовой установки, гребного вала; трубопроводов различных судовых систем (балластной, топливной, санитарной, сточной и т.п.); элементов судовой гидравлической системы; танков: топливных, балластных, воды, конструктивно встроены в корпус и подвесных; фундаментов палубных механизмов, стрел, судовых кранов, тяжеловесных кранов; а также для контроля и диагностики подъемно-транспортного оборудования портов, конструкций складских помещений и емкостей, подъездных путей и других элементов портового хозяйства.

Принцип безопасной эксплуатации любого технического объекта, в том числе и судна, а также его многочисленных механизмов, предполагает работу объекта без дефектов (повреждений). Существующие методы дефектоскопии базируются на принципах обнаружения дефектов, что входит в некоторое противоречие с понятием «безопасность». Метод неразрушающего контроля по измерениям коэрцитивной силы, предлагаемый сотрудниками лаборатории совместно с научно-производственной фирмой «Специальные научные разработки» (г. Харьков), обеспечивает диагностику состояния металла на уровне, который предшествует разрушению, что более соответствует понятию «безопасность», в том числе, и «безопасность» морских сооружений, судов, судовых механизмов. Авторы считают, что описанный метод контроля внесет важный фактор определенности в ответственный раздел судоремонта – диагностику и планирование ремонта.

**Выводы.** Безопасность работы морской отрасли во многом зависит от качества и надежности диагностирования фактического состояния металлических конструкций и деталей механизмов, расчета их остаточного ресурса в зоне допустимых значений. Эта диагностика проста, доступна и надежна при использовании метода неразрушающего контроля по измерениям коэрцитивной силы. Залогом безаварийной работы и технической исправности кранового хозяйства на судах и в портах может стать паспортизация нагруженных элементов грузоподъемных устройств с указанием начальных значений коэрцитивной силы и с дальнейшим ежегодным контролем их показаний (совмещенным с ежегодным освидетельствованием Классом или Госгортехнадзором), с ведением учета остаточного ресурса каждого грузового устройства. Такая паспортизация позволит уточнить реальное состояние механизма в любой момент времени, а также определить необходимый объем ремонта любого наблюдаемого узла устройства без дорогостоящих методов дефектоскопии. Оснащение морских судов системами постоянного мониторинга состояния прочности корпуса судна при проведении грузовых и балластных операций, а также при плавании судна в условиях шторма с применением методики неразрушающего контроля по измерениям коэрцитивной силы позволит предотвратить тяжелые аварии и катастрофы, сопровождающиеся человеческими жертвами и загрязнением окружающей среды нефтепродуктами. Херсонский государственный морской институт совместно с предприятием «Специальные научные разработки» принимает активное участие в научном внедрении передового метода магнитной диагностики в морскую индустрию, имеет современные приборы – коэрцитиметры, толщинометры, методики, опыт их применения и готов к сотрудничеству с представителями морской отрасли, которые озабочены состоянием аварийности на судах и на береговых предприятиях, а также обеспечением безопасности мореплавания в целом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сударикова Е.В. Неразрушающий контроль в производстве: учеб. пособие. Ч. 1.; ГУАП. – СПб., 2007. – 137 с.
2. Безлюдько Г.Я. Эксплуатационный контроль усталостного состояния и ресурса металлопродукции неразрушающим магнитным (коэрцитиметрическим) методом / Г.Я. Безлюдько // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – Киев, 2003. – № 2. – С. 20-26.

## СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОЛЬОТОМ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАКА

Казак В.М., Горбач О.К., Вакарова А.Й.  
Національний авіаційний університет  
(Київ, Україна)

Аеродинамічні схеми та динамічні характеристики безпілотного літака класу міні дозволяють визначити основні вимоги щодо систем керування їх польотом (СКП) у наступному вигляді:

- можливість у будь-який момент часу переходити на ручне керування, а також додавати, видаляти і змінювати точки маршруту в будь-який час за допомогою наочного інтерфейсу користувача. В обох режимах керування БП літак повинен стабілізуватись автоматично;
- СКП не повинна втрачати горизонт, за рахунок чого забезпечуються правильні реакції автопілоту на зовнішні збурення й адекватне розподілення впливів між органами керування БПЛА;
- визначити оптимальні траєкторії перельоту із заданої початкової точки простору в кінцеву, в тому числі й найбільш складний варіант траєкторії – політ на малій висоті (маловисотний політ);
- автоматизація виконання окремих штатних режимів (розгортання в горизонтальній площині, захід на посадку і посадка, набір висоти, зниження, маневри у вертикальній площині), а також польоту в цілому;
- автоматичне виконання посадки у випадках відказів, зокрема двигунів та ін.;
- орієнтація по картині підстиляючої поверхні з метою організації літаководіння і точної посадки;
- попередження виходу за обмеження при виконанні складних маневрів.

СКП повинна задовольняти таким суперечливим вимогам, як мінімізація похибки при дії зовнішніх детермінованих та стохастичних впливів і внутрішніх процесів, тобто забезпечувати робастність по відношенню до суттєвої невизначеності умов виконання завдання та невизначеності власних характеристик БП літака.

Виходячи з критерію «якість – робастність» структурно-параметричний синтез СКП безпілотного літака можна представити таким, що складається з двох станів:

- синтез оптимальної стохастичної системи керування за середньоквадратичним критерієм;
- робастна параметрична оптимізація структури, отриманої на першому етапі.

**Перший етап.** Так як рівняння динаміки керованого руху БП літака є нелінійними, рівняння розбиваються на дві частини:

- для малих курсових похибок та лінеаризованих рівнянь, незв'язані сигнали керування горизонтальних і вертикальних прискорень у залежності від кінцевих похибок у курсовому куті й бічного відхилення від заданої траєкторії;
- додаткові алгоритми для часу, що залишився до виходу в проміжний пункт маршруту (ППМ), проектованої величини бічного відхилення від заданого положення ППМ, проектованих радіусів кінцевого розвороту й початкового повороту. З урахуванням цього синтез оптимального регулятора здійснюється на основі теореми розподілення.

Розширена модель керування представляється так:

$$\begin{aligned}\Delta \dot{X} &= A_a \Delta X + B_a \Delta U + \Delta W; \\ \Delta Y &= C_a \Delta X + D_a \Delta U + \Delta V,\end{aligned}\tag{1}$$

де  $\Delta W$  – вектор білих шумів, що збурюють стан системи;  $\Delta V$  – білий шум вимірів.



Оскільки метою дослідження є синтез законів керування при розширеній множині вхідних сигналів, то необхідно визначити дискретний еквівалент першого рівня системи (1):

$$\Delta X_{k+1} = F\Delta X_k + G\Delta U_k \quad (2)$$

Стандартна форма оптимізаційної задачі для дискретної СКП, наведена на рис. 1. Матриця  $B_{од}$  (рис. 1) об'єднує керуючий  $u$  та збурюючий  $g$  входи в розширений вектор входу. Матриця  $A$  є матрицею станів БП літака, а матриця  $C_0$  призначена для спостереження вектора виходу  $Z$ , який використовується для обчислення показника якості.

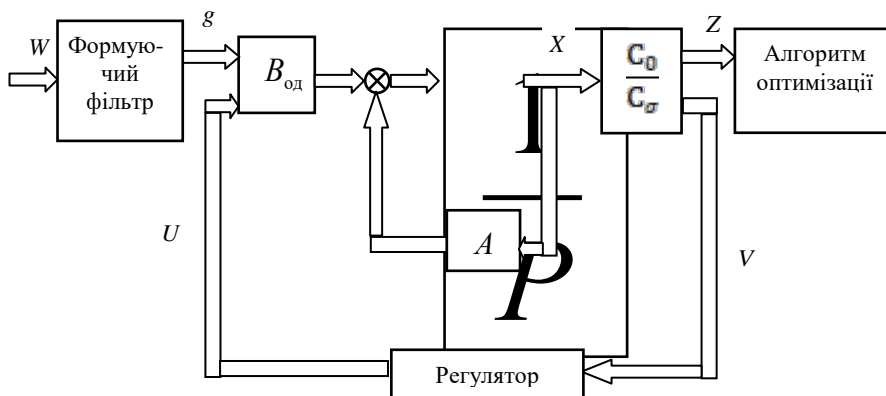


Рисунок 1 – Структурне представлення задачі оптимізації СКП

Головною задачею СКП є стабілізація заданих параметрів польоту БП літака, тобто утримання його в стані рівноваги. Відхилення від точки рівноваги описується таким співвідношенням:

$$\begin{aligned} \Delta \tilde{X}(t) &= \Delta X(t) - \Delta X^*(t), \\ \Delta \tilde{U}(t) &= \Delta U(t) - \Delta U^*. \end{aligned} \quad (3)$$

Зробивши деякі припущення та перетворення, отримаємо замкнену систему, порядок якої дорівнює  $2(n+p)$ , де  $n, p$  – розмірності моделей БП літака й фільтра Драйдена (Красовського в країнах СНД) відповідно, й вона представляється як:

$$\begin{pmatrix} X_{k+1} \\ X_{k+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{\tilde{a}} & -B_{\tilde{a}}F \\ KC_{\tilde{a}} & A_{\tilde{a}} - KC_{\tilde{a}} - B_{\tilde{a}}F \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_k \\ X_k \end{pmatrix} \quad (4)$$

Використання спостерігача (фільтра Калмана) збільшує порядок замкненої системи в два рази, з точки зору реалізації закону керування в бортовому комп'ютері необхідно провести резидуалізацію (пониження) порядку системи. Це здійснюється на основі балансних моделей, які отримуються шляхом несігулярного перетворення системи (4). Ця процедура завершує перший етап проектування СКП.

**Другий етап.** Другим етапом є роботизація СКП. Змінними процедурами оптимізації в даному випадку є матриці коефіцієнтів підсилення спостерігача  $K$  та регулятора  $F$ .

У якості вихідних величин для початку процедури оптимізації використовуються оптимальні значення цих векторів, що отримані на першому етапі.

Отже, представлений синтез системи керування польотом безпілотною літаком може бути використаний при розробці системи керування енергетичною установкою безпілотною літальним апаратом класу міні. Така система має забезпечити стабілізацію швидкості БП літака в процесі польоту при зміні істинної повітряної швидкості в широких межах у залежності від режиму й умов польоту, тобто в умовах значної невизначеності.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Казак В.М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті. – К.: НАУ-друк, 2010. – 284 с.
2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория автоматического регулирования. – М.: «Наука», 1972. – 768 с.
3. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 509 с.

## **МЕТОДЫ, МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ И ПРОГРАММАМИ РАЗВИТИЯ НАУКОЕМКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

Кошкин К.В., Возный А.М., Гайда А.Ю.

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова  
(Николаев, Украина)

Появление наукоемких производств является результатом естественной эволюции технологического развития, обусловивший необходимость увеличения затрат на науку и образование и, как следствие, создания в экономике замкнутого научно-производственного комплекса, обеспечивающего отдачу затраченных средств, в том числе на расширение базы исследований, разработок и совершенствование системы образования. Создание и функционирование наукоемких производств требует разработки соответствующих моделей, методов и механизмов управления проектами и программами развития наукоемких производств.

Методы, модели и алгоритмическое обеспечение создания и функционирования наукоемких производств рассматривалось в работах [1, 2], там же приведены примеры их использования для организации и функционирования конкурентоспособных предприятий в судостроении, энергетическом машиностроении и сельском хозяйстве.

Так, анализ эффективности организационной системы, включающей два центра управления и производственную систему на основании теории активных систем [1, 2, 3, 4] применительно к созданию и функционированию наукоемкого предприятия научно-производственный комплекс газотурбостроения (НПКГ) «Заря-Машпроект» позволил предложить ее организационную структуру, обеспечивающую равновесие по критерию Нэша и оптимальную по критерию Парето (рис. 1).

Создание комплекса позволило сократить сроки жизненного цикла наукоемкого изделия (газовая турбина) и повысить его качество за счет интеграции научной и производственной составляющих.

Эффективность функционирования производственной системы обеспечивается соответствующим алгоритмическим обеспечением, в основе которого лежит двухуровневая модель управления проектами [1, 2, 4].

Рост мирового портфеля заказов практически по всем типам судов ставит перед судостроительным предприятием, имеющим длительный производственный цикл, задачу выбора оптимального портфеля проектов с учетом ресурсов предприятия (человеческих, финансовых, технологических) [5].

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства также требует интеграции научной и производственной составляющих. Обследование функционирования передовых сельскохозяйственных предприятий Украины (сельхозработы и сельхозпереработка) позволило на примере предприятия, выращивающего и перерабатывающего томаты, выявить проблемы планирования и предложить концепцию их решения. В частности, предложена концепция проекта «интеллектуальное поле», включающая:

- формирование оптимального плана проведения сельхозработ и его корректировку с учетом прогноза погоды, подбор сортов томатов с использованием методов нелинейной оптимизации;
- моделирование процесса роста овощей, определение необходимости проведения и состава агротехнических мероприятий с учетом сложившихся погодных условий средствами искусственных нейронных сетей.

**Выводы.** На основании теории активных систем предложены организационная структура и двухуровневая модель управления проектами наукоемкого предприятия. Использование полученных результатов в виде алгоритмического, методического и программного обеспечений применительно к созданию и функционированию научно-

производственного комплекса газотурбостроения (НПКГ) «Заря-Машпроект» позволило за счет интеграции научной и производственной составляющей добиться сокращения длительности жизненного цикла наукоемкого изделия, а также повышения уровня качества.



Рисунок 1 – Организационная структура научно-производственного комплекса НПКГ «Заря-Машпроект»

Предложена математическая модель формирования оптимального портфеля заказов верфи, обеспечивающая рациональное использование ресурсов с учетом их ограниченности. На основе данной модели разработано алгоритмическое обеспечение и программные средства, которые прошли апробирование и внедрены на судостроительном заводе «Вадан Шипардс Океан».

Разработаны математические модели, методы и программные средства планирования процессов получения урожая, учитывающие внутренние и внешние факторы. Внедрение полученных результатов на сельскохозяйственном предприятии ООО «Агрофьюжн» позволило повысить ритмичность работы, снизить удельные затраты и увеличить выпуск продукции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Математические основы управления проектами наукоемких производств: Монография / А.А. Павлов, С.К. Чернов, К.В. Кошкин, Е.Б. Мисюра. – Николаев: НУК, 2006. – 208 с.
2. Модели, методы и алгоритмическое обеспечение проектов и программ развития наукоемких производств: Монография / А.М. Возный, В.В. Драгомиров, А.Я. Казарезов, К.В. Кошкин и др. – Николаев: НУК, 2009. – 194 с.
3. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. – М.: СИНТЕГ, 1999. – 128 с.
4. Математические основы управления проектами: Учебное пособие / С.А. Баркалов, В.И. Воропаев, Г.И. Секлетов и др. Под ред. В.Н. Буркова. – М.: Высш. шк., 2005. – 423 с.
5. Кошкин К.В., Возный А.М., Шамрай А.Н. Управление портфелями проектов конкурентоспособного судостроительного предприятия // Управління проектами та розвиток виробництва: Збірник наукових праць. – Луганск, 2008. – № 2 (26). – С. 138-142.

## **МЕНЕДЖМЕНТ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ ФЛОТА – ВЕРНЫЙ ПУТЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Кривощев В.Е.

Одесский учебно-исследовательский центр «Надежность в судоходстве»  
Всеукраинской ассоциации «Надежность»  
(Украина)

Исходной позицией к обозначенной теме могут послужить проведенные несколько лет назад в США исследования состояния проблемы технического обслуживания (ремонта) техники в американской промышленности и наблюдаемых при этом потерь. Они показали, что даже при высочайшем уровне автоматизации наблюдается следующее [1, 2]: 1) затраты промышленности на техническое обслуживание (ремонт) превышают 200 млрд. долларов в год; 2) издержки на техническое обслуживание (ремонт) составляют от 15 до 40% стоимости выпускаемой продукции и в пять раз превышают стоимость создания нового производства; 3) свыше 60 млрд. долларов теряется каждый год из-за неэффективного управления техническим обслуживанием (ремонтом) техники. При этом одним из основных источников потерь в этом же исследовании рассматривается техническое обслуживание (ремонт) оборудования, которое в обслуживании (ремонте) не нуждается...(!)

Аналогичная ситуация в конце прошлого столетия сложилась в промышленности и на транспорте бывшего СССР, что позволило первому и последнему Президенту СССР Михаилу Горбачёву – автору перестройки заявить: «... к числу негативных последствий экстенсивного воспроизводства основных фондов относится непомерное разбухание сферы ремонта». По данным советских, а ныне украинских исследователей, затраты на ремонт и техническое обслуживание машины в несколько раз превышают её стоимость: для автомобилей – в 6 раз, для самолётов – до 5 раз, для станков в машиностроении – в 8 раз. Ежегодный бюджет технического обслуживания и ремонта судов Черноморского пароходства (ЧМП), например, до его «преждевременной кончины» в начале 90-х годов прошлого века приближался к 100 млн. долларов США, около 20% из которого затрачивалось на запасные части. По словам бывшего президента Украинского Дунайского пароходства (УДП, г. Измаил Одесской области) Суворова П.С., стоимость запасных частей составляет около 50% стоимости ремонта торговых судов его компании.

Антинаучность, гипертрофированное развитие, непрозрачность и фактическая неуправляемость сферы ремонта (обслуживания) техники в Украине послужили основанием для рождения кардинальных идей и предложений, например: «...курс изучения (дисциплину) «Ремонт машин» исключить из учебных программ всех технических вузов, как не отвечающий современной идеологии по использованию машин...» [2]. Столь радикальное предложение можно оценить как эмоциональный «вскрик» мыслящего человека по поводу нерешённой и, главное, не решаемой десятилетиями проблемы. Кстати, в промышленно развитых западных странах эта проблема уже давно решается в направлении развития рециклинговой индустрии взамен ремонтного производства [1], внедрения и совершенствования теории и практики современного менеджмента надёжности и качества [2].

Целью настоящего доклада является предложение пересмотреть концептуальные подходы отечественной науки, практики, включая образовательные процессы вузов в отношении обслуживания (ремонта) техники и поддержать приоритет украинской науки о надёжности со времён академика Гнеденко Б.В. Эта наука уже получила развитие в современных технологиях исследований надёжности машин и аппаратуры, предложенных Стрельниковым В.П. (ИПММС НАНУ, г. Киев), в рамках деятельности Технического комитета Украины по стандартизации ТКУ-68 «Надежность техники», Украинских

ассоциаций «Надежность», «Качество» и развиваемых автором настоящего доклада применительно к судовой технике в рамках уже 15-летней деятельности Одесского учебно-исследовательского центра «Надежность в судоходстве» [1-3]. Подробности – на сайте: <http://krivoshchekov.at.ua>

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кривощёков В.Е. Техническое обслуживание и ремонт судов торгового флота: инжиниринг систем восстановления изношенных деталей и обеспечения запасными частями // Материалы Четвёртой ежегодной Промышленной конференции с международным участием и выставки «Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях» (2-7 февраля 2004 г., п. Славское, Карпаты). – К.: УИЦ «Наука. Техника. Технология», 2004. – С. 76-77.

2. Кривощёков В.Е. Эффективность ремонта техники – управляемость её надёжностью и качеством // Материалы Пятой ежегодной Промышленной конференции с международным участием и выставки «Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях» (21-25 февраля 2005 г., п. Славское, Карпаты). – К.: УИЦ «Наука. Техника. Технология», 2005. – С. 80-82.

3. Кривощёков В.Е. Создание современной системы менеджмента качества – это первый шаг к качеству управления организацией // Материалы Шестой ежегодной Промышленной конференции с международным участием и выставки «Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях» (20-24 февраля 2006 г., п. Славское, Карпаты). – К.: УИЦ «Наука. Техника. Технология», 2006. – С. 129-132.

## ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ ЗАХИСТУ СУПУТНИКОВОЇ РАДІОНАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З УРАХУВАННЯМ ЗАЛИШКОВИХ ПОХИБОК ВИЗНАЧЕННЯ ПСЕВДОВІДСТАНЕЙ

Куценко О.В.

Національний авіаційний університет  
(Київ, Україна)

**Вступ.** Супутникові радіонавігаційні системи мають безпрецедентну точність на глобальному рівні і використовуються в фундаментальних дослідженнях, в геодезії і картографії, при діагностиці мікропереміщень, що передують руйнації висотних споруд, мостів, газо- та нафтопроводів, у сільському господарстві. Особлива роль супутниковим радіонавігаційним системам відводиться в навігації, управлінні та керуванні авіаційними морськими і наземними транспортними засобами [1].

Відповідно до даних європейської авіаційної агенції Євроконтроль [4] до 2015 року для потреб навігації все більша перевага буде надаватися супутниковим радіонавігаційним системам GPS (США) та ГЛОНАСС (Росія), хоча і вважається, що оснащеність авіаційного парку супутниковими навігаційними приймачами до 2015 року буде недостатньою для повної відмови від традиційних засобів радіонавігації. У проміжок між 2015-2020 роками основними засобами навігації по маршруту будуть комбіновані датчики DME/DME та глобальна супутникова навігаційна система GNSS. У даний проміжок буде введена в експлуатацію супутникова радіонавігаційна система GALILEO (Євросоюз), а також буде вдосконалена робота існуючих навігаційних систем. З'являться супутникові системи посадки з використанням кількох супутникових сузір'їв та кількох частот. Буде інтенсивно збільшуватися кількість аеропортів, обладнаних наземними станціями GBAS, та повітряних суден з супутниковими системами посадки.

**Постановка завдання.** Однією з найважливіших характеристик супутникової навігаційної системи є цілісність.

Як зазначено в [2], під цілісністю мається на увазі міра певності, яка може бути закладена у вигляді показника коректності інформації, яка видається всією системою. Цілісність включає в себе здатність системи видавати користувачам своєчасні і обґрунтовані попередження, коли система не відповідає заданим характеристикам і не повинна використовуватися для наміченої операції чи етапу польоту.

Станцією GBAS забезпечується набір показників коректності інформації для кожної поправки до псевдовідстані. Одним з них виявляється стандартне відхилення нормального розподілу залишкової похибки визначення псевдовідстані  $\sigma_{pr\_gnd}$ . Показники коректності використовуються для розрахунку на борту повітряного судна рівнів захисту супутникової радіонавігаційної системи за методикою, викладеною в [1] або [2]. При перевищенні розрахованих значення рівня захисту заданого порогу користувачу системи видається попередження. Таким чином, врахування залишкових похибок станції GBAS є необхідним для забезпечення заданої цілісності супутникової навігаційної системи на всіх етапах польоту повітряного судна, а особливо на етапах підходу до аеродрому та посадки.

### Методика здійснення експерименту.

Умовно експеримент з визначення залишкових похибок контрольно-корегувальної станції можна представити в чотири етапи:

1. Проведення навігаційних вимірів;
2. Визначення еталонних координат приймачів базової станції;
3. Розрахунок значень залишкових похибок станції GBAS.
4. Моделювання рівнів захисту супутникової радіонавігаційної системи.

Проведення навігаційних вимірів та визначення еталонних координат приймачів базової станції відбувалося на базі апаратно-програмного комплексу для дослідження

роботи супутникової навігаційної системи GNSS, що знаходиться на кафедрі аеронавігаційних систем НАУ. До складу комплексу входить сучасне навігаційне обладнання та програмне забезпечення. Апаратне забезпечення комплексу складається з навігаційних приймачів, навігаційних антен персональних комп'ютерів з відповідним програмним забезпеченням та іншого обладнання.

Методика розрахунку значень залишкових похибок станції GBAS докладно представлена в [3]. За даною методикою було розроблене програмне забезпечення, що дозволяє визначити параметр  $\sigma_{pr\_gnd}$  для кожного з видимих навігаційних супутників та порівняти його з заданими в [2] межами, та з урахуванням даного параметру визначити вертикальний та боковий рівні захисту. Результати роботи програмного забезпечення можуть бути представлені в графічному та текстовому вигляді.

#### Результати досліджень та висновки.

Деякі з результатів досліджень представлені на рисунку 1. Показано залежність вертикального (а) та бокового (б) рівня захисту супутникової радіонавігаційної системи (метри) від часу проведення експерименту (хвилини).

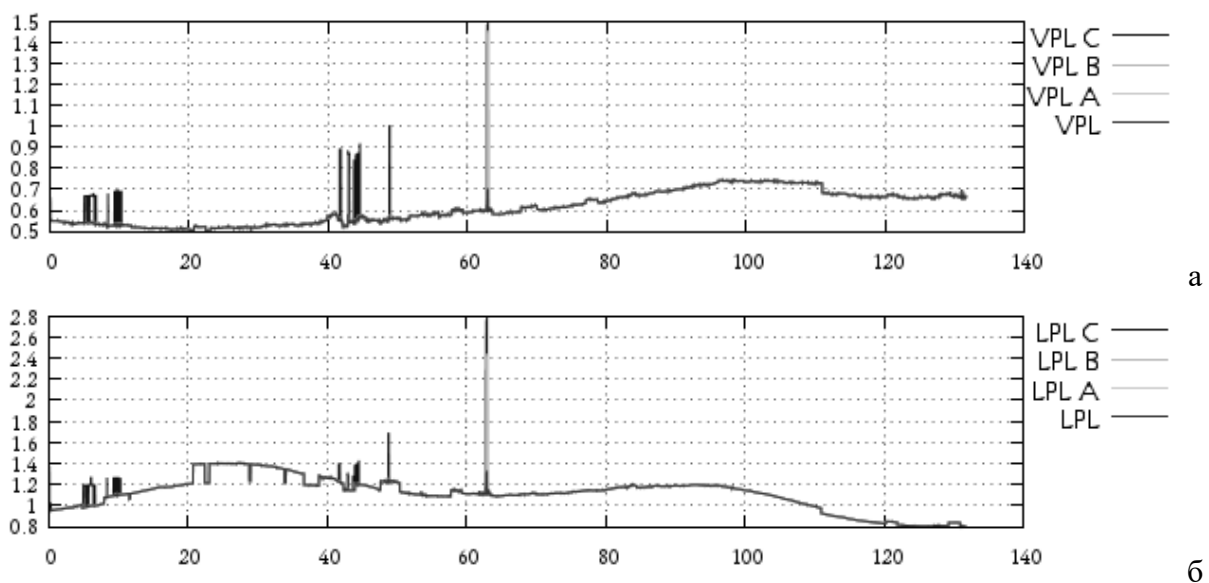


Рисунок 1 – Рівні захисту супутникової радіонавігаційної системи

З рисунку видно, що протягом сеансу вимірів наявні короточасні збільшення рівнів захисту. Це пов'язано з тим, що деякі з наявних навігаційних супутників не відповідають вимогам і відповідно виключаються з розрахунку. При цьому варто зазначити, що рівні захисту не виходять за встановлені межі. Хоча, при виключенні з розрахунку певної кількості навігаційних супутників, наприклад внаслідок затінення їх корпусом повітряного судна при проведенні маневрів, вихід цілком можливий. Тому контроль на борту повітряного судна залишкових похибок визначення псевдовідстаней є необхідною умовою для забезпечення тих високих вимог, які висуваються авіаційними користувачами до супутникової радіонавігаційної системи.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Системы спутниковой радионавигации / Конин В.В., Харченко В.П.; Национальный авиационный университет. – К.: Холтех, 2010. – 520 с.
2. ICAO. Приложение 10. Авиационная электросвязь. Том 1. Шестое издание, 2006. – 606 с.
3. Методика оцінки параметрів цілісності авіаційною контрольно-корегувальною станцією / В.В. Конін, О.В. Куценко. // Вісник Інженерної Академії України. – 2009. – № 1.
4. Офіційний сайт EUROCONTROL: <http://www.eurocontrol.int/>



## РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ КЕРОВАНОГО «ЛЕЖАЧОГО ПОЛІЦЕЙСЬКОГО»

Меженков А.В., Пархоменко К.О.

Автомобільно-дорожній інститут Державного вищого навчального закладу  
«Донецький національний технічний університет»  
(Україна)

**Вступ.** На сьогоднішній час для ефективного зниження швидкості руху транспортних засобів досить широко розповсюджуються штучні дорожні нерівності. Однак їх конструкції створюють істотні незручності в русі транспорту навіть на мінімальних швидкостях, а також для проїзду спеціальних транспортних засобів з проблісковими маячками синього кольору.

**Актуальність.** У зв'язку з розробкою нового виду керованого «лежачого поліцейського», який було представлено на другій Міжнародній науково-практичній конференції 2010 р. у м. Херсон [1], виникає необхідність розробки алгоритму його роботи. Особливість роботи керованого «лежачого поліцейського» – надання переваги в русі пішоходам за виключенням тих випадків, коли наближається автомобіль з включеним проблісковим маячком синього кольору, як це і передбачено Правилами дорожнього руху [2].

**Постановка задачі.** Розробити алгоритм роботи керованого «лежачого поліцейського» для здійснення безперешкодного проїзду спеціальних транспортних засобів з проблісковими маячками синього кольору.

**Результати досліджень.** Для розробки алгоритму розглянемо суть роботи даної системи: радар сканує дані про швидкісний режим транспортних засобів у зоні сканування (на відстані 30 м від «лежачого поліцейського»), передає сигнал на блок управління, який, у свою чергу, передає сигнал на керуючий елемент, що в даний момент представляє собою шумову смугу, та транспортні засоби за відсутності пішоходів безперешкодно проїжджають дану ділянку дороги. Із збільшенням швидкості транспортних засобів висота елементів «лежачого поліцейського» збільшується, таким чином, змушуючи водія зменшити швидкість до максимально припустимої. Також у даній системі є сканер, який реагує на проблісковий маячок синього кольору, що дає змогу безперешкодно рухатися спеціальним транспортним засобам (карета швидкої допомоги, пожежна, міліція). Для підвищення максимально припустимої швидкості транспортних засобів, пропонується встановити сканер руху пішоходів на підходах до переходу (на відстані 1,5 м). Таким чином, це зменшить кількість ДТП, забезпечивши безперешкодний проїзд транспортним засобам, якщо на цій ділянці не будуть знаходитися пішоходи. Схему розміщення елементів керованого «лежачого поліцейського» наведено на рисунку 1.

Для того, щоб здійснити роботу керованого «лежачого поліцейського» в пам'ять комп'ютера вносяться наступні дані: швидкість руху пішохода ( $V_{i\dot{\alpha}\phi} = 3$  км/год.), максимально припустима швидкість руху автомобілів на ділянці ( $V_{i\dot{r}\delta} = 40$  км/год.) [3, с. 78], відстань пішохода на підході до переходу ( $L_{i\dot{\alpha}\phi}^1 = L_{i\dot{\alpha}\phi}^2 = 1,5$  м), відстань від «лежачого поліцейського» до зони сканування ( $L_{i\dot{r}\delta}^{\tilde{\alpha}\dot{\alpha}\dot{i}} = 30$  м), дистанція безпеки ( $L_{\dot{\alpha}} = 5$  м), граничний час ( $t_{zp} = 1c$ ), час початку ( $t_{i\dot{r}\delta}^{\hat{\alpha}\dot{\alpha}\dot{e}} = 07:00$ ) та закінчення ( $t_{i\dot{r}\delta}^{\hat{\alpha}\dot{\alpha}\dot{e}} = 19:00$ ) роботи «лежачого поліцейського».

У процесі роботи виконуються виміри, які фіксуються радаром та датчиками, наступних даних: швидкість, визначена в площині сканування ( $V_{asm}$ ), наявність пішохода на підході до переходу ( $K$ , де  $K = 0;1$ ), наявність транспортного засобу в зоні сканування ( $B$ , де  $B = 0;1$ ), наявність пробліскового маячка на автомобілі в зоні сканування ( $C$ , де  $C = 0;1$ ), які передаються на блок управління.

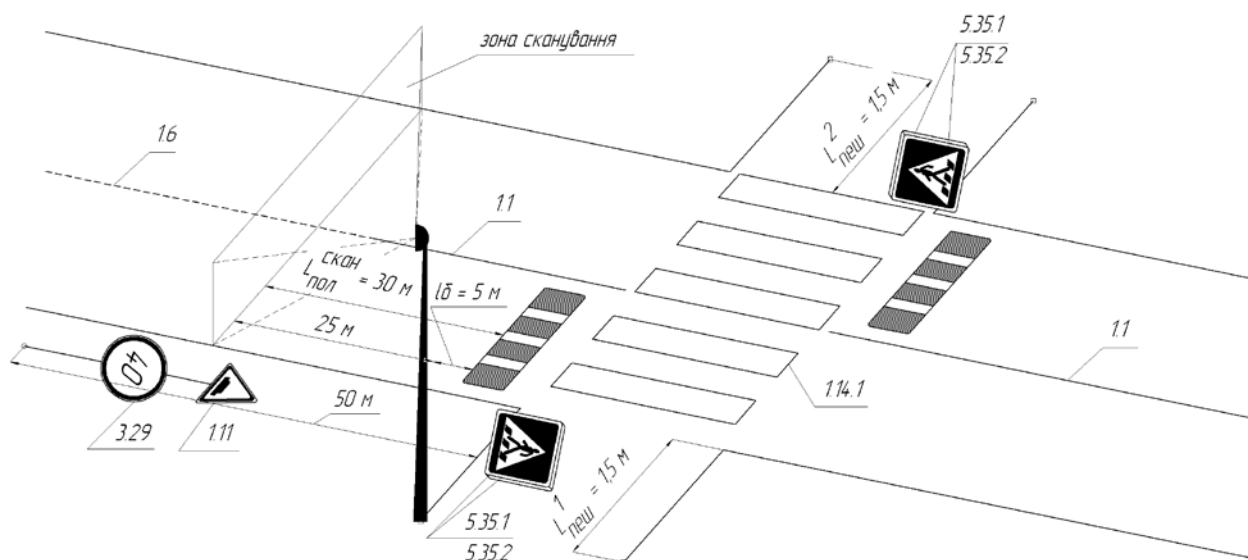


Рисунок 1 – Схема розміщення елементів керованого «лежачого поліцейського»

Коли на підході до переходу немає пішоходів ( $K=0$ ), «лежачий поліцейський» залишається в нейтральному положенні, тобто являє собою шумову смугу (транспортні засоби безперешкодно проїжджають дану ділянку дороги). Якщо ж дана умова не виконується, тоді блок управління перевіряє виконання наступної умови. Другою умовою є наявність руху транспортних засобів ( $B=1$ ), у зоні сканування. Якщо дана умова не виконується – «лежачий поліцейський» залишається в нейтральному положенні. Якщо дана умова виконується, тоді блок управління перевіряє виконання наступної умови – наявність на транспортних засобах, що рухаються, пробліскового маячка синього кольору ( $C=1$ ). Якщо дана умова виконується (є автомобіль з проблісковим маячком), то тоді «лежачий поліцейський» залишається в нейтральному положенні, тобто дає перевагу спеціальним транспортним засобам в русі [2, с. 11-12]. Якщо ж ця умова не виконується, тоді радар передає інформацію на блок управління про наступну умову – швидкість автомобіля, який рухається, повинна бути не більше за максимально припустиму швидкість руху на даній ділянці ( $V_{авт} \leq V_{max}$ ). Якщо дана умова не виконується, тоді блок управління передає сигнал на керуючий елемент, який збільшує висоту елементів «лежачого поліцейського», таким чином, змушуючи водія зменшити швидкість до максимально припустимої.

Не завжди доцільно при появі пішохода в зоні детекторів одразу збільшувати висоту «лежачого поліцейського». Якщо автомобіль у цей час знаходиться досить близько від переходу, необхідно пропустити його до того, як підійде пішохід. Отже прийняття відповідного рішення витікає з наступних розрахунків. Відправною крапкою є момент часу, коли пішохід досягає пішохідного переходу та автомобіль знаходиться на відстані  $l_a$  від «лежачого поліцейського». Якщо час руху автомобіля від зони сканування до перешкоди менший або дорівнює часу руху пішохода по підході до переходу ( $\frac{L_{пол}^{скан} - l_b}{V_{авт}} \leq \frac{L_{пеш}}{V_{пеш}} + t_{ер}$ ), можливе здійснення безперешкодного пропуску транспортного засобу («лежачий поліцейський» залишається в нейтральному положенні). В іншому випадку здійснюється безперешкодний рух пішоходів, тобто «лежачий поліцейський» підіймається, примушуючи водіїв пропустити пішохода. Алгоритм роботи керованого «лежачого поліцейського» наведено на рисунку 2.

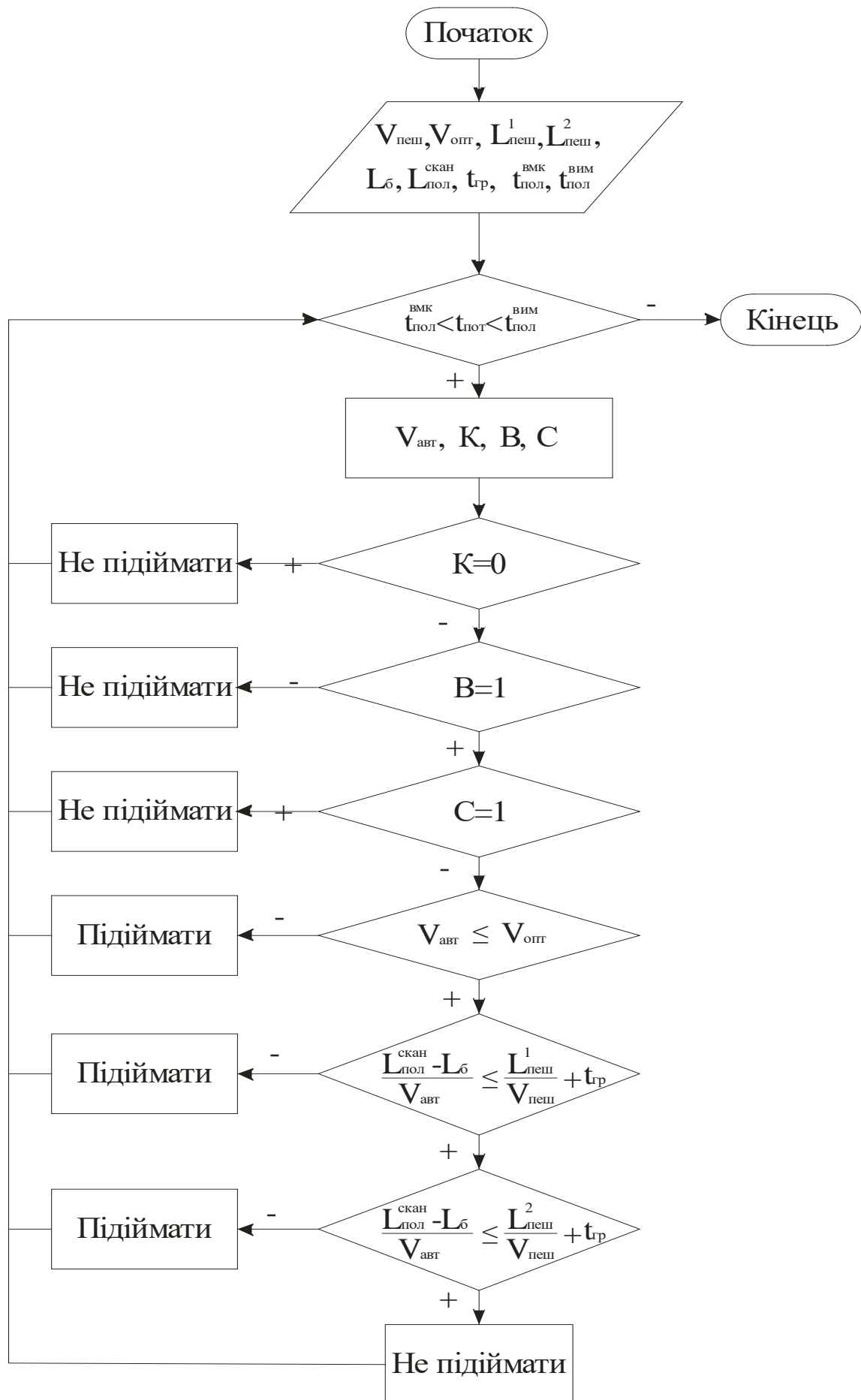


Рисунок 2 – Алгоритм роботи керованого «лежачого поліцейського»

У зв'язку з тим, що пішохід може з'явитись з іншого боку переходу, необхідно перевірити виконання наступної умови – час руху автомобіля від зони сканування до перешкоди повинен бути меншим або дорівнювати часу руху пішохода по підходу до переходу ( $\frac{L_{пол}^{скан} - l_0}{V_{авт}} \leq \frac{L_{пеш}^2}{V_{пеш}} + t_{пр}$ ). Якщо вона виконується, тоді конструкція залишається в нейтральному положенні, а невиконання цієї умови передбачає збільшення висоти конструкції.

Даний алгоритм роботи керованого «лежачого поліцейського» представляє собою циклічний процес, який здійснює свою роботу в режимі реального часу. Вимір даних здійснюється за допомогою радару та датчиків, які передають вимірювальні дані на блок управління. З метою економічної роботи даної системи передбачається час, коли її треба вмикати та вимикати. У період, коли дана система вимкнена «лежачий поліцейський» залишається в такому положенні, при якому його висота становить 30 мм [4]. Це дозволить учасникам дорожнього руху не порушувати правила дорожнього руху у нічний час доби.

**Висновки.** Робота керованого «лежачого поліцейського» за пропонуваним алгоритмом дозволить примусово знижувати швидкість транспортних засобів, що її перевищують, примушувати водіїв надавати пріоритет у русі пішоходам та здійснювати безперешкодний проїзд спеціальних транспортних засобів з проблісковими маячками синього кольору.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Меженков А.В. Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010): матеріали другої Міжнародної науково-практичної конференції. Том 2. – Херсон: ХДМІ, 2010. – С. 52-54
2. Правила дорожного движения: Официальное издание. – К.: Издательство Арий, 2010. – 64 с.
3. Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: Учебник для вузов / В.А. Иларионов. – М.: Транспорт, 1989. – 255 с.
4. ДСТУ 4123-2002. – Безпека дорожнього руху. Елементи примусового зниження швидкості на вулицях і дорогах. Загальні вимоги. Правила застосування. – К.: Держстандарт, 2002. – 27 с.

## КЛАСИФІКАЦІЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ У КОМПРЕСОРАХ АВІАЦІЙНИХ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ

Панін В.В.

Київська державна академія водного транспорту ім. Петра Конашевича-Сагайдачного  
(Україна),  
Єнчев С.В.

Національний авіаційний університет  
(Київ, Україна)

**Вступ.** На сьогоднішній час в авіації домінуючу роль відіграють двоконтурні турбореактивні двигуни; зберігають обмежене застосування одноконтурні турбореактивні та турбогвинтові двигуни; розроблені та впроваджуються в практику турбореактивні турбогвинтовентиляторні двигуни. Указані типи авіаційних газотурбінних двигунів (ГТД) є складними тепловими машинами спеціального призначення, які складаються з великої кількості зв'язаних між собою систем і пристроїв, у яких протікають різноманітні фізичні процеси [1].

**Актуальність досліджень і постановка задачі дослідження.** Спостерігається тенденція до збільшення одичної потужності, продуктивності, тиску, і, як наслідок, збільшення кругової швидкості установки, паралельно йде процес зниження металоємності. У результаті зростають динамічні навантаження, які сприяють збільшенню небезпеки руйнування високонавантажених елементів конструкції не тільки компресора, а й авіаційного ГТД у цілому під впливом нестационарних процесів. Тому є потреба в дослідженнях нестационарних процесів у компресорах авіаційних ГТД, задля забезпечення безпечної, ефективної та стійкої роботи [2].

Створення класифікації нестационарних процесів у відцентровому компресорі необхідне для фізичного аналізу явищ, а також для формування процедур дослідження: вибору інформативних ознак процесів і розробки методів зменшення небажаних ефектів цих процесів. Нестационарні процеси в компресорах авіаційних ГТД можна розділити на дві групи: аеродинамічні і аеропружні [1, 3].

**Класифікація нестационарних процесів у компресорах авіаційних ГТД.** Аеропружність (аеродемпфування та різні види флаттеру) виявляється переважно в осьових компресорах. У відцентрових компресорах ці процеси можуть мати суттєве значення в ступенях з напіввідкритими і відкритими вісерадіальними колесами, а також у компресорах високого і надвисокого тиску, при цьому велику роль можуть грати ефекти аеропружної взаємодії ротора і статора, включаючи ущільнення.

Аеродинамічні процеси у відцентровому компресорі можна класифікувати за такою схемою (рис.) [4]. У даній схемі аеродинамічні процеси діляться на три класи: детерміновані, квазидетерміновані та випадкові.

Детерміновані процеси діляться на перехідні та періодичні. Перехідні (несталі) процеси відбуваються під час зміни режиму роботи компресора, яка визначається частотою обертання ротора. Ці процеси грають важливу роль для компресорів авіаційних ГТД усіх типів. Періодичні процеси розділяються на три групи. Перша група включає процеси, створювані нерівномірністю розподілу аеродинамічних величин по кутовій (окружній) координаті (по кроку грат робочого колеса і лопаткового дифузора, куту обхвату несиметричних вхідних і вихідних пристроїв). Ця нерівномірність існує практично на всіх режимах роботи, у тому числі і оптимальних. Обертання ротора перетворює просторову (окружну) нерівномірність розподілу аеродинамічних величин у нестационарну течію. Крокова нерівномірність тиску і швидкості в робочому колесі створює нестационарну періодичну течію в дифузори та інших нерухомих елементах, а нерівномірність розподілу в нерухомих елементах викликає відповідну нестационарну течію в робочому колесі.



Рисунок – Класифікація нестационарних процесів у компресорах авіаційних ГТД

За характером збудження пульсації, які викликані окружною нерівномірністю, мають вид вимушених. Елементи проточної частини компресора є відкритими резонаторами, тому, можливо, збудження просторових резонансів при близькості значень частоти збуджуючого процесу і власної частоти резонатора (і відповідному фазуванні). Це явище називається аеродинамічним резонансом і має спільні риси з акустичним резонансом, що виникає при коливанні лопаток осьових грат.

Друга група періодичних нестационарних процесів включає процеси, викликані втратою стійкості руху в проточній частині компресора: обертаючийся зрив; помпаж. Це типові автоколивальні процеси, тобто їх параметри визначаються властивостями системи, в якій вони виникли, а не частотою зовнішнього збурення (проблема субгармонійних або ультрагармонійних резонансів, – характерна для нелінійних автоколивальних систем, додатково ускладнює задачу). Періодичні та квазіперіодичні процеси у відцентровому компресорі також можуть бути викликані відривною течією (наприклад, біля поверхонь стінок дифузора або лопаток) або когерентними структурами.

Випадкові процеси, можуть виявлятися в широкому спектрі частотного діапазону у вигляді хаотичних великомасштабних флуктуацій при відриві потоку (в області відриву) і у вигляді турбулентності. Як правило, випадкові (хаотичні) пульсації, накладаючись на детерміновані, існують на всіх режимах.

**Висновки.** Дана класифікація є систематизацією характерних особливостей процесів, але вона може не мати деяких позицій, внаслідок: складного характеру явищ в компресорі, великого числа елементів і сукупної (нелінійної) динамічної їх взаємодії.

Періодичні та квазіперіодичні процеси здатні призвести до втрати стійкості при роботі компресора авіаційного ГТД. Тому вони є базовою областю, що визначає завдання для подальших досліджень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Письменный И.Л. Многочастотные нелинейные колебания в газотурбинном двигателе. – М.: Машиностроение, 1987. – 128 с.
2. Волянська Л.Г., Панін В.В., Гаююн Сунь. Методи і засоби підвищення газодинамічної стійкості компресорів газотурбінних двигунів: Монографія. – К.: НАУ, 2005. – 200 с.
3. Самойлович Г.С. Нестационарное обтекание и аэроупругие колебания решеток турбомашин. – М.: Наука, 1969. – 444 с.
4. Казакевич В.В. Автоколебания (помпаж) в компрессорах. – М.: Машиностроение, 1974. – 264 с.
6. Использование ортогональных разложений в задачах идентификации помпажных явлений в компрессорах авиационных газотурбинных двигателей / В.В.Панин, С.В. Енчев, Л.Г. Волянская // Авиационно-космическая техника и технология. – 2010. – № 8 (75). – С. 112-116.

## МЕХАТРОННИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ТЯГОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗЕМЛЕРИЙНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Пелевін Л.Є., Балака М.М., Цепляєв А.С.

Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА) (Україна),  
Аржаєв Г.О.

Миколаївський будівельний коледж КНУБА (Україна)

**Вступ.** Як відзначено у [1], відповідно до гіпотези закону стадійного розвитку техніки, яка на філософському рівні була вперше сформульована в [2], а на інженерному – в [3], технічний об'єкт (ТО) має чотири стадії (етапи) розвитку, які пов'язані з послідовною реалізацією за допомогою технічних засобів чотирьох фундаментальних функцій (технологічної, енергетичної, управління і планування для себе) і послідовним виключенням із технологічного процесу ТО відповідних функцій, які виконує людина. Із цього слідує, що вже на стадії виключення із технологічного процесу ТО функції його управління людиною він перетворюється в класичну мехатронну систему [4] з відповідним рівнем інтелектуалізації [5].

**Актуальність досліджень.** За останні роки в Україні відновилося виробництво будівельно-дорожньої техніки власних розробок, у тому числі землерийно-транспортних машин (ЗТМ), а саме: навантажувача ПФ-04 (типорозмір ПК-4), автогрейдера ДЗк-250 (клас 180) на Крюковському вагонобудівному заводі (м. Кременчук) [6], бульдозерів Т-150Д-05-09 і ХТЗ-150КД-09 відповідно типорозмірів БГН-6 і БКН-5, навантажувача Т-156Б-09 (типорозмір ПК-3) на базі нової серії промислових тракторів Харківського тракторного заводу [7]. На жаль у відкритому друку відсутні тягові характеристики вказаних машин, що ускладнює для експлуатаційних підприємств визначення їх тягово-зчіпних і паливо-економічних показників, необхідних для обґрунтованого вибору цих машин для використання їх у конкретних умовах експлуатації.

Як відомо, побудова тягової характеристики фізичного зразка ЗТМ здійснюється шляхом використання експериментальних даних, одержаних під час їх тягових випробувань [8] за допомогою динамометричних лабораторій (ДЛ). У роботі [9] визначено вимоги до сучасних ДЛ, призначених для тягових випробувань ЗТМ і на цій основі на кафедрі будівельних машин Київського національного університету будівництва і архітектури розроблено ДЛ гальмівного класу 120 кН [10].

Таким чином, можна достатньо коректно стверджувати, що удосконалення інформаційно-вимірювального забезпечення тягових випробувань ЗТМ на основі запропонованої ДЛ у вигляді мехатронного комплексу є актуальною науковою та інженерною задачею, вирішення якої, на думку проф. Хмари Л.А. (ПДАБА), дозволить хоча б частково наблизити реалізацію створення вітчизняного центру випробувань і сертифікації продукції будівельно-дорожнього машинобудування України.

**Постановка задачі.** Згідно з вимогами щодо мехатронних систем [4] і методики тягових випробувань [8] для запропонованої ДЛ [10] забезпечити: розробку комплексу вимірювальних датчиків (реалізація технологічної функції ДЛ), створення обчислювального комплексу (реалізація енергетичної функції ДЛ) і застосування системи керування ДЛ за допомогою ПЕОМ з відповідним програмним забезпеченням (реалізація функції управління ДЛ).

**Результати досліджень.** Для оцінки тягово-зчіпних властивостей і паливно-економічних показників ЗТМ під час проведення тягових випробувань у польових умовах необхідно вимірювати (за допомогою датчиків), фіксувати на якому-небудь носії (за допомогою реєструючої апаратури) або обробляти в реальному часі на ПЕОМ, як мінімум, значення наступних параметрів [11, 12]:

- а) крутний момент, що підводиться до рушії машини –  $M_K$  ;
- б) силу тяги машини –  $T$  ;

в) теоретичну –  $V_T$  і дійсну –  $V_{\dot{A}}$  швидкості руху машини;

г) годинну витрату палива двигуном –  $G_{\dot{A}}$ ;

д) час досліду –  $t$ .

В основу всіх датчиків для вимірювання зазначених вище параметрів покладено різні перетворювачі механічних величин в електричні сигнали [13]; в якості перетворювачів механічних величин в електричний сигнал у датчиках  $M_K$ ,  $T$ ,  $G_{\dot{A}}$  використано кремнієві напівпровідникові тензорезистори КТД2А і КТЭ2А за ТУ аАО.336.235 (Росія). Схеми і технологія наклеювання, з'єднання у вимірювальні напівмости і термокомпенсування вказаних тензорезисторів наведено в [14, 15].

Для датчиків теоретичної  $V_T$  і дійсної  $V_{\dot{A}}$  швидкості руху машини або кутової швидкості відповідно ведучих –  $\omega_T$  і ведених –  $\omega_{\dot{A}}$  коліс (для неповнопривідної машини) та ведучих –  $\omega_T$  і “мірного” –  $\omega_{\dot{A}} \rightarrow \omega_M$  коліс (для повнопривідної машини) використано електричні двигуни постійного струму типу ДПМ-30, що працюють у генераторному режимі. Найбільшу складність під час тягових випробувань ЗТМ викликає вимірювання годинної витрати палива машиною –  $G_{\dot{A}}$  за час досліду. Тому для запропонованого комплексу в якості датчика  $G_{\dot{A}}$  прийнято витратомір конструкції КНУБА за технічним рішенням [16].

На рисунку 1 наведено принципову схему інформаційно-вимірювального і керуючого (ІВК) мехатронного комплексу.

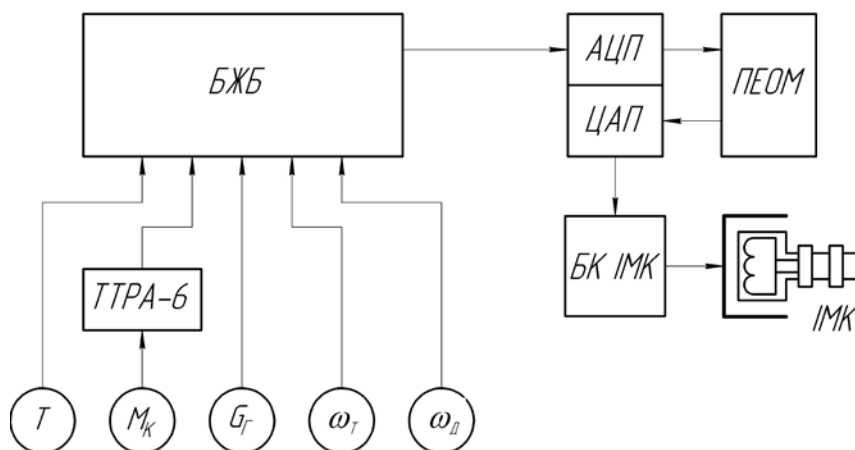


Рисунок 1 – Принципова схема ІВК: БЖБ – блок живлення і балансування датчиків; ТТРА-6 – струмознімач;  $T$ ,  $M_K$ ,  $G_{\dot{A}}$ ,  $\omega_T$ ,  $\omega_{\dot{A}}$  – датчики відповідних вимірювальних параметрів; АЦП, ЦАП – електронний блок; БК ІМК – блок керування ІМК 7 [10]

Бортовий обчислювально-керуючий комплекс ДЛ складається з електронного блоку та ПЕОМ типу Notebook. За основу електронного блоку, який призначено для забезпечення зв'язку елементів комплексу з ПЕОМ, прийнято аналого-цифровий / цифро-аналоговий перетворювач (АЦП-ЦАП) моделі Е14-440 [17]. Управління АЦП-ЦАП здійснюється за допомогою інтерфейсу USB, що забезпечує підключення ПЕОМ практично будь-якої моделі.

Програмне забезпечення обчислювально-керуючого комплексу включає реалізацію таких процедур: П1 – розрахунок параметрів експериментальної тягової характеристики ЗТМ (коефіцієнта буксування  $\delta$ , дійсної швидкості руху  $V_{\dot{A}}$ , тягової потужності  $N_T$ , тягового к.к.д.  $\eta_T$  і питомої витрати палива  $g_T$  у функції сили тяги  $T$ ; П2 – розрахунок і оцінку статистичних характеристик параметрів експериментальної тягової характеристики



(математичне сподівання  $M[X]$ , дисперсію  $D_x$  і середнє квадратичне відхилення  $\sigma_x$  або стандарт); ПЗ – керування гальмом ДЛ по каналу зворотного зв'язку через ЦАП.

Алгоритм виконання процедури П1 наступний:

$$\begin{aligned}\delta &= 1 - V_{\bar{A}} / V_T; \\ N_T &= T \cdot V_{\bar{A}}; \\ \eta_T &= T(1 - \delta) / (T + P_f); \\ g_T &= 1000 G_{\bar{A}} / N_T; \\ P_K &= M_K / r_C; \\ P_f &= M_{K0} / r_C,\end{aligned}$$

де  $P_f$  – сила опору коченню машини;

$P_K$  – окружна сила рушія;

$r_C$  – силовий радіус рушія;

$M_{K0}$  – крутний момент, що підводиться до рушія машини при  $T = 0$ .

При виконанні умови  $\sigma_x \leq [\sigma_x]$ , (де  $[\sigma_x]$  – наперед задане значення  $\sigma_x$ ) для всіх розрахункових параметрів (за процедурою П1) досліджуваної тягової характеристики (за процедурою П2) вступає в дію процедура ПЗ і по каналу зворотного зв'язку від ПЕОМ через ЦАП електронного блока здійснюється керування гальмом (індукторною муфтою ковзання – ІМК) ДЛ.

При зміні гальмівного моменту –  $M_{\bar{A}}$  гальма ДЛ на величину  $\Delta M_{\bar{A}}$  ЗТМ, що досліджується, перейде на наступний режим його силового навантаження, тобто  $T_{\bar{A}} + \Delta T_{\bar{A}} = T + \Delta T$ , причому виконується умова  $(T + \Delta T) \leq T_{\varphi}$ . Після чого знову виконуються послідовно процедури П1-ПЗ і, таким чином, сила тяги  $T$  рушія ЗТМ змінюється в діапазоні від 0 до  $T_{\varphi}$  (сили тяги за зчепленням). Це дозволяє отримати експериментальну тягову характеристику ЗТМ, тобто залежності  $\delta$ ,  $V_{\bar{A}}$ ,  $N_T$ ,  $G_{\bar{A}}$  і  $g_T = f(T)$  з необхідним рівнем  $[\sigma_x]$ .

На рисунку 2 наведено схему тягових випробувань ЗТМ.

**Висновки.** Запропоновано інформаційно-вимірювальний комплекс (ІВК) для тягових випробувань ЗТМ.

Структура ІВК відповідає мехатронним системам і дозволяє, за цей рахунок, підвищити ефективність експериментальних досліджень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Балака М.М., Пелевін Л.Є., Аржаєв Г.О. Інформаційно-вимірювальний комплекс для дослідження роботи коліс з пневматичними шинами // Вестник Харьковського національного автомобільно-дорожного університету / Сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДУ, 2007. – Вып. 38. – С. 290-292.
2. Мелещенко Ю.С. Техника и закономерности ее развития. – Л.: Лениздат, 1970. – 246 с.
3. Половинкин А.И. Законы строения и развития техники. – Волгоград: ВолгПИ, 1985. – 202 с.

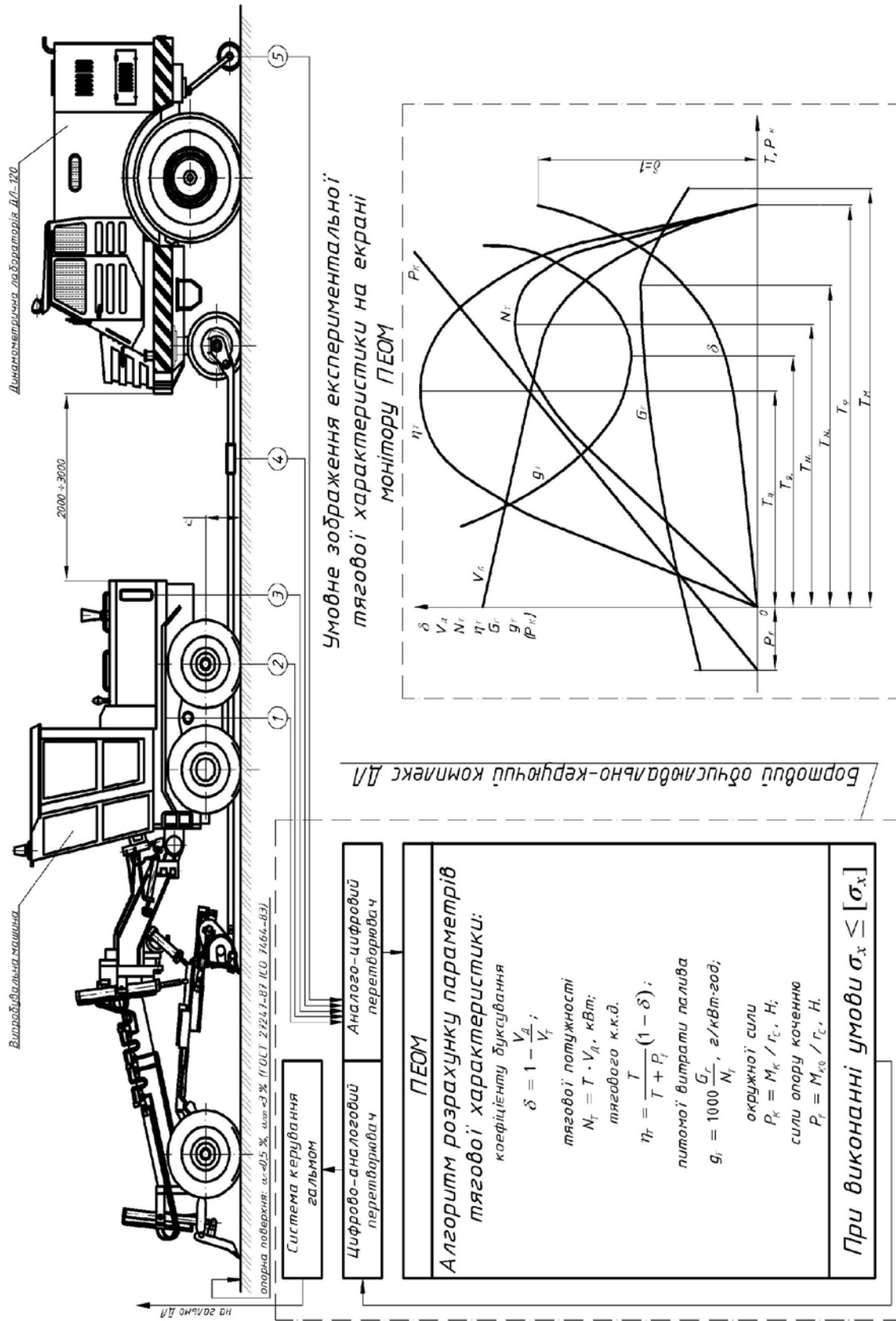


Рисунок 2 – Схема тягових випробувань ЗТМ: 1 –  $M_K$ ; 2 –  $V_T$ ; 3 –  $G_t$ ; 4 –  $T$ ; 5 –  $V_d$

4. Мехатроника / Т. Исии, И. Симояма, Х. Иноуэ и др.: Пер. с япон. – М.: Мир, 1989. – 318 с.
5. Алексеев В.О. Концептуальный анализ автомобильных мехатронных систем // Автомобильный транспорт / Сб. науч. тр. – Харьков. – 2005. – Вып. 16. – С. 321-323.
6. <http://www.kvsz.com/> – Крюковский вагоностроительный завод.
7. <http://www.xtz.ua/> – Харьковский тракторный завод.
8. ГОСТ 27247-87 (ISO 7464-83) Машины землеройные. Метод определения тяговой характеристики. Введ. 01.01.1988. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 13 с.
9. Аржаев Г.О., Пелевин Л.Є., Балака М.М., Цепляев А.С. Анализ технических решений динамометрических устройств для тяговых испытаний позашляховых технологических засобів // Гірн., буд., дор. та меліорат. машини: Всеукр. міжвід. зб. наук. пр. – К.: КНУБА, 2008. – Вип. 72. – С. 80-85.
10. Пелевин Л.Є., Балака М.М., Цепляев А.С., Аржаев Г.О. Динамометрична лабораторія для тягових випробувань самохідних технологічних засобів // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010): Матеріали другої Міжнародної науково-практичної конференції. Том 2. – Херсон: Вид-во ХДМІ, 2010. – С. 8-11.
11. Ульянов Н.А. Теория самоходных колесных землеройно-транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1969. – 520 с.
12. Коробейников А.Т., Лихачев В.С., Шолохов В.Ф. Испытания сельскохозяйственных тракторов. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
13. Электрические измерения неэлектрических величин / А.М. Турчин, П.В. Новицкий, Е.С. Левшина и др.; Под ред. П.В. Новицкого. Изд. 6-е, перераб. и доп. – Л.: Энергия, 1977. – 576 с.
14. Аржаев Г.А., Никаноров Е.И., Нилов В.И., Щербинин М.И. Применение полупроводниковых тензорезисторов для исследования строительных и дорожных машин // Стр. и дор. машины. – 1974. – № 8. – С. 17-19.
15. Аржаев Г.А., Щербинин М.И. О выборе параметров преобразователей механических величин на базе полупроводниковых тензорезисторов. – В сб.: “Исследование и расчет строительных машин”. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1974. – С. 85-89.
16. Деклараційний патент України на корисну модель №32460, G01F 3/00. Пристрій для вимірювання витрати / Аржаев Г.О., Балака М.М., Пелевин Л.Є., Цепляев А.С. (Україна). – u2008 01816; Заявлено 12.02.2008; Опубл. 12.05.2008, Бюл. №9.
17. <http://www.holit.com.ua/> – Компания ХОЛИТ Дэйта Системс: измерение, контроль, диагностика, автоматизация.

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ РУЛЕВЫХ МАШИН МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ОТКАЗО-ТОЛЕРАНТНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Пипченко А.Д., Шевченко В.А.  
Одесская национальная морская академия  
(Украина)

**Введение.** С увеличением интенсивности судоходства безаварийность плавания судов приобретает все большую актуальность. С технической точки зрения безаварийность плавания напрямую зависит от надежной работы движительно-рулевого комплекса, одним из наиболее важных узлов которого является рулевая машина.

**Актуальность исследований.** Из мировой практики известны многие крупные аварии судов, непосредственными причинами которых были отказы или выходы из строя гидравлических рулевых машин (ГРМ) [1].

Первым шагом по повышению требований к надежности работы рулевых машин стали «Поправки 1981 г. к Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 года» [2], в которых содержится принципиально новое требование – так называемый критерий (показатель) единичной неисправности. Согласно этому требованию единичная неисправность (отказ) в гидравлической системе, силовых агрегатах (насосах) или системе управления рулевым приводом должна быть изолирована в течение не более 45 сек. при обеспечении работоспособности рулевой машины для поддержания управляемости судна.

В эксплуатируемых сегодня рулевых машинах приведенное выше требование реализуется резервированием не только силовых агрегатов и систем управления, но и гидравлических силовых систем [1]. Последнее условие значительно усложняет конструкцию рулевых машин, в то же время, позволяя сохранить их работоспособность при разгерметизациях силовой гидравлической части путем оперативного отключения ее неисправной части.

Процесс определения и отключения некоторых неисправных частей рулевой машины до сих пор не автоматизирован и занимает время, необходимое для локализации неисправности вручную. Зачастую это время является определяющим в аварийных ситуациях, даже несмотря на своевременные действия квалифицированного экипажа (навал т/х «Известия» на другое судно в Суэцком канале [1]).

В работе [3] приведены концепция и теоретические основы отказа-толерантного управления (ОТУ). В основу концепции ОТУ заложена идея своевременного определения вышедшего из строя или частично неисправного (с пониженными характеристиками) элемента системы и автоматическое принятие мер по компенсации локальной неисправности с целью предотвращения отказа системы в целом.

В работе [4] положено начало исследованиям в отношении повышения надежности системы автоматического управления курсом судна с применением методов ОТУ.

Повышение требований к безопасности мореплавания, связанное с интенсификацией судоходства, увеличением размеров торговых судов и появлением все более сложных задач, выполняемых техническим флотом, обуславливает актуальность применения методов ОТУ как в системе управления судном в целом, так и с целью повышения надежности работы отдельных ее элементов (в частности – рулевой машины), что в свою очередь требует дальнейших глубоких исследований.

**Постановка задачи.** Задачей данной работы является синтез рациональной структуры системы управления судовой рулевой машиной, а также алгоритмов ее реконфигурации, методами отказа-толерантного управления с целью повышения ее устойчивости к типовым локальным неисправностям.

**Результаты исследований.** Рассмотрим две характерные неисправности ГРМ, приведенные среди ряда других в работе [1]:

- 1) руль перекаладывается на угол больше или меньше заданного;
- 2) заклинивание руля в одном положении при работе двух рулевых машин.

Наиболее вероятная причина первой неисправности – наличие люфтов в механизме управления насосами; последствие – снижение качества управления судном.

Наиболее вероятная причина второй – рассогласование задающих органов системы управления ГРМ; последствие – потеря управления судном.

Математическая модель ГРМ может быть описана следующей передаточной функцией [5]:

$$y(s) = \frac{B \cdot Q_s}{(I \cdot s^2 + B \cdot A \cdot s)} \cdot \left( \frac{1}{\tau \cdot s + 1} \right) \cdot X(s) - \frac{1}{I \cdot s^2 + B \cdot A \cdot s} \cdot (\sum M_{ext}(s)), \quad (1)$$

где  $B = \frac{A \cdot \rho / 2 \cdot Q_s}{(2 \cdot \pi \cdot r \cdot U \cdot C_d)}$

$Q_s$  – скорость подачи насоса;  $A$  – площадь плунжера;  $\rho$  – плотность гидравлической жидкости (масла);  $C_d$  – коэффициент перетечек рабочей жидкости в насосе согласно его характеристике;  $r$  – радиус плунжера;  $I$  – приведенный к оси баллера момент инерции подвижных частей рулевого привода и руля с присоединенной к нему массой забортной воды;  $U$  – модуль объемной упругости рабочей жидкости,  $x \in [-1, 1]$  – положение распределительного клапана,  $y$  – скорость плунжера.

На рис. 1 приведена блок-схема ГРМ, работающей в следящем режиме управления (задание формируется положением штурвала либо авторулевым) по ПД закону.

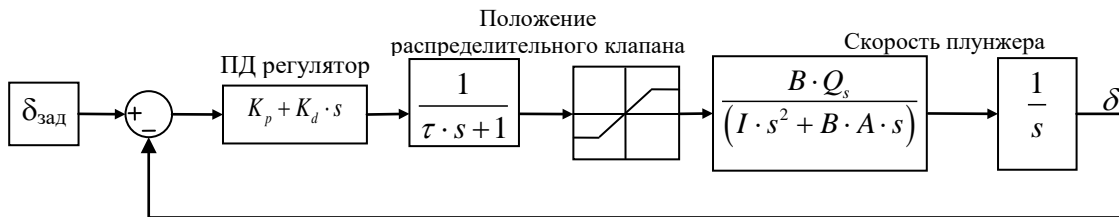


Рисунок 1 – Блок-схема линейной модели ГРМ

Для моделирования первой неисправности добавим в уравнение скорости плунжера дополнительный возмущающий момент  $M_{ext}$  (рис. 2.). Как видно на рис. 3 (штриховая линия), при перекаладках руль не доходит до заданного положения на переменную величину  $d$ . Для обеспечения выполнения задания, согласно методам теории ОТУ, необходимо прибегнуть либо к изменению параметров системы, либо к ее реконфигурации [3].

В данном случае более целесообразно реализовать второй способ решения проблемы, так как в системе наблюдаются отклонения управляемой величины от задания, не связанные с настройками регулятора. Предположим, что модель (рис. 1) с высокой точностью отображает динамику исправного объекта управления (рис. 2). В этом случае сигнал рассогласования  $d$  между выходом модели  $\delta^*$  и объекта  $\delta$  может служить в качестве компенсирующего сигнала, поступающего на вход регулятора. При этом компенсирующий сигнал может быть задан функцией вида:

$$c(t) = c(t-1) + k \cdot d(t) \quad \text{ëëâî}$$

$$c(t) = c(t-1) + k \cdot \text{sign}(d(t)) \cdot [d(t) - d(t-1)]^2,$$

где  $c$  – компенсирующий сигнал;  $k$  – коэффициент усиления;  $d$  – отклонение выхода объекта управления от выхода модели.

Пример подобной системы управления ГРМ с переменной структурой приведен на рис. 2. Результаты моделирования работы обычной системы и системы с переменной структурой приведены на рис. 3.

Вторую неисправность можно смоделировать путем введения на вход ПД регулятора в заданный момент времени постоянного значения максимальной перекладки руля (рис. 4). Как видно из графика (рис. 5), руль заклинивает в положении лево на борт ( $-30^\circ$ ) в момент времени  $t = 90$  с. Как описано в работе [1], одним из решений данной проблемы может быть попеременное включение/отключение насосов ГРМ с целью удаления неисправного из контура управления. Однако на определение этой критической неисправности и выполнение необходимых действий судоводителю может потребоваться время, достаточное для того, чтобы привести судно к тяжелой аварийной ситуации. Ввиду этого целесообразно введение в контур алгоритма, предусматривающего реконфигурацию системы управления, с целью исключения из нее неисправного элемента.

Для этого в систему управления ГРМ предложим включить логический блок, на вход которого поступают данные о разности заданного и фактического положения пера руля  $\varepsilon(t)$  и о состоянии насосов (включены/отключены). Реакцию на заклинивание руля в логическом блоке можно выразить следующей условной функцией:

**ЕСЛИ**

$$\varepsilon(t) = \varepsilon(t - T_1) \neq 0 \quad \text{И} \quad \varepsilon(t) \neq \varepsilon(t - T_2)$$

$$\text{ИЛИ} \quad SG_1(t-1) = 0 \quad \text{И} \quad \varepsilon(t) \neq \varepsilon(t - T_2)$$

$$\text{ИЛИ} \quad SG_1(t-1) = 0 \quad \text{И} \quad \varepsilon(t) = 0,$$

$$\text{ТО} \quad SG_1(t) = 0; SG_2(t) = 1;$$

**ИНАЧЕ ЕСЛИ**

$$\varepsilon(t - T_1) = \varepsilon(t - T_2) \neq 0 \quad \text{И} \quad |\varepsilon(t)| > |\varepsilon(t - T_1)|$$

$$\text{ИЛИ} \quad SG_2(t-1) = 0 \quad \text{И} \quad \varepsilon(t) \neq \varepsilon(t - T_2)$$

$$\text{ИЛИ} \quad SG_2(t-1) = 0 \quad \text{И} \quad \varepsilon(t) = 0,$$

$$\text{ТО} \quad SG_1(t) = 1; SG_2(t) = 0;$$

**ИНАЧЕ**

$$SG_1(t) = 1; SG_2(t) = 1,$$

где  $SG_{1,2}$  – булевы функции, определяющие состояние насосов (включен, выключен);  $T_{1,2}$  – постоянная времени оценки неисправности (здесь  $T_1 = 3$  с,  $T_2 = 6$  с, при шаге дискретизации  $\Delta t = 1$  с). Результаты моделирования исключения вышеприведенной неисправности отображены на рис. 5.

**Выводы.** В работе получены композиции рулевой системы судна с переменной структурой, устойчивой к таким типовым неисправностям, как: несоответствие угла перекладки руля заданному значению; заклинивание руля в одном положении при работе двух рулевых машин. Что достигалось путем реализации алгоритмов реконфигурации системы управления, направленных на изоляцию или компенсацию возникших неисправностей, методами теории отказа-толерантного управления.

Результаты имитационного моделирования работы полученных систем посредством программного комплекса MATLAB Simulink показали эффективность применения методов ОТУ к рассмотренным неисправностям и целесообразность дальнейших исследований в данном направлении.

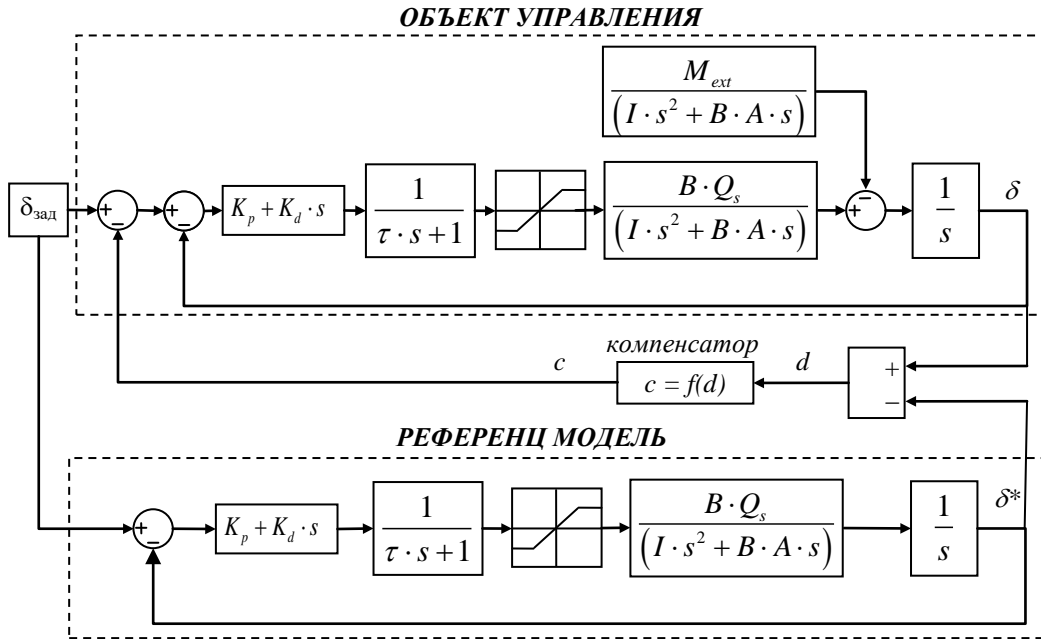


Рисунок 2 – Блок-схема системы управления ГРМ с компенсатором

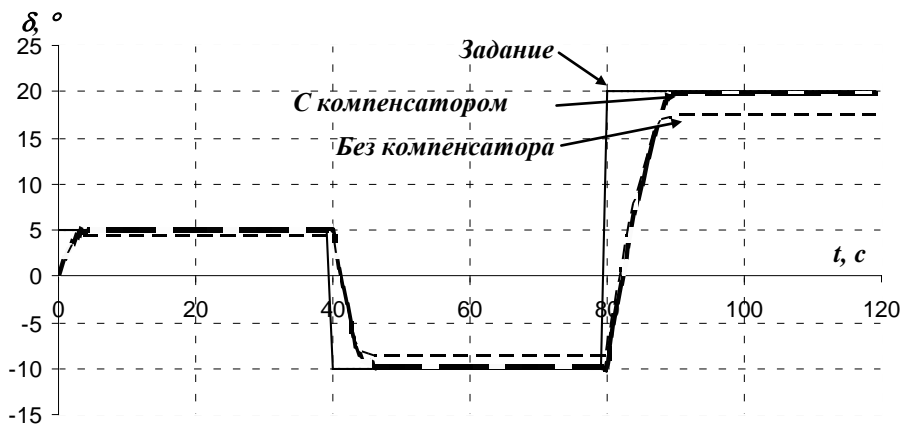


Рисунок 3 – Графики работы ГРМ при различных конфигурациях

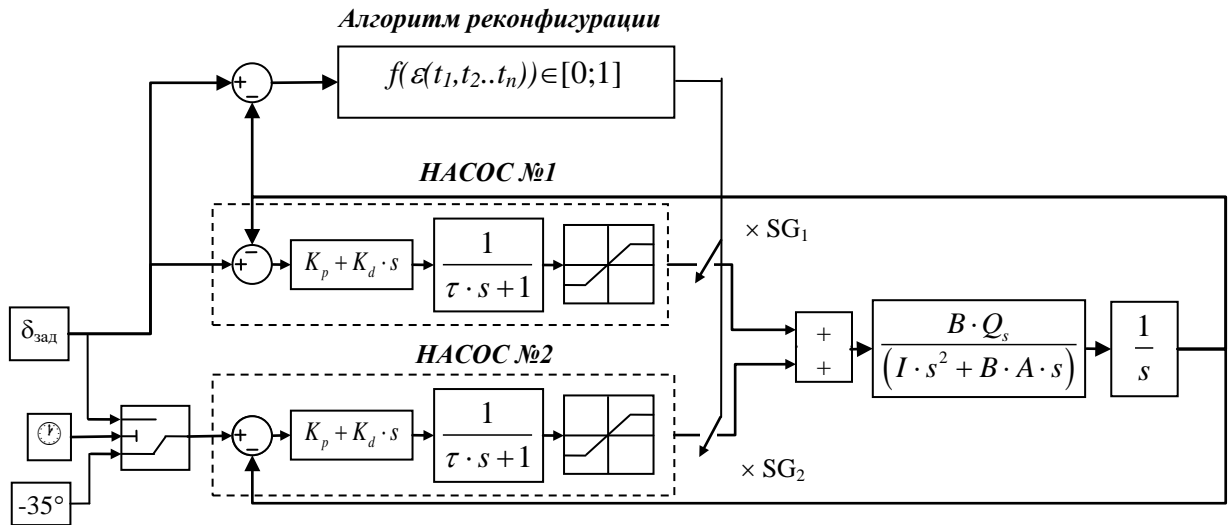


Рисунок 4 – Блок-схема системы управления ГРМ с алгоритмом автоотключения

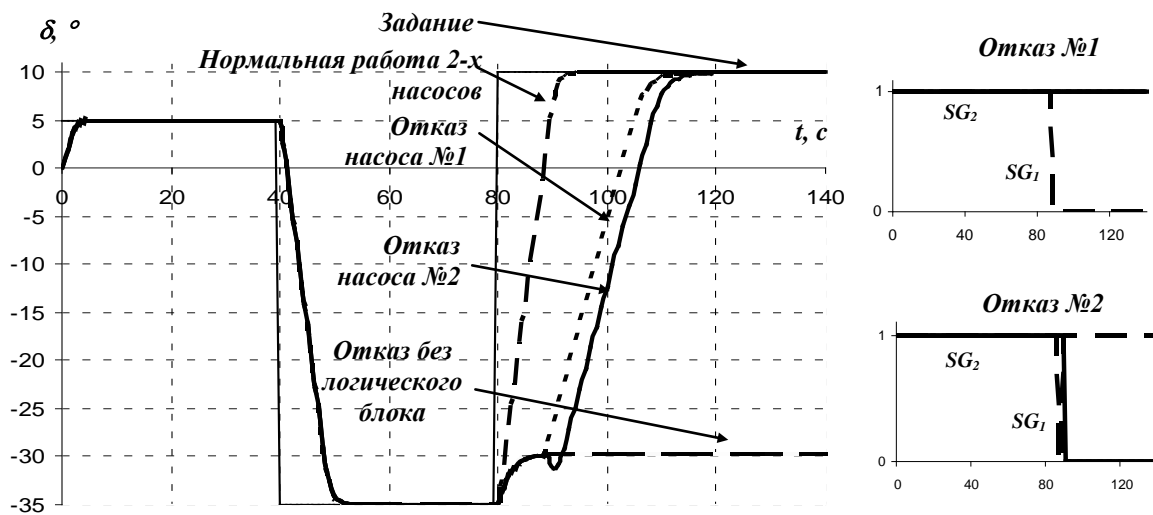


Рисунок 5 – Графики работы ГРМ при различных конфигурациях системы  
 Слева: положение пера руля; справа: включение/выключение насосов

**Выводы.** Таким образом, дальнейшие исследования следует связать с более глубоким анализом неисправностей, возникающих при работе рулевых машин, а также способов их определения, оценки и последующей компенсации либо изоляции методами ОТУ.

Ожидаемым результатом исследований в данном случае является методика разработки отказо-толерантных систем управления рулевой машиной, устойчивых к широкому спектру неисправностей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Харин В.М. Судовые гидравлические рулевые машины: Учеб. пособ. – Одесса: Феникс, 2005. – 280 с.
2. Поправки 1981 г. к Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 года. – М.: Мортехинформреклама, 1984. – 392 с.
3. Blanke, M., M. Staroswiecki and N. E. Wu (2001). Concepts and Methods in Fault-tolerant Control. Invited tutorial lecture at American Control Conference, Washington, USA, 22-24 June 2001. 15 p.
4. E. OMERDIC, G.N. ROBERTS and Z. VUKIC (2002). Reconfigurable Control System for Ship Course-changing/keeping. 15th IFAC World Congress, Barcelona, Spain, July 21-26, 2002.
5. Xiros N. I., Tsourapas V. P., Mourtzouchos K. K. A hydraulic steering gear simulator for analysis and control. Proceeding of WSEAS conference. Athens, Greece, 2004. – pp. 276-287.



## **ЗАДАЧА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ СКЛАДА**

Плугина Т.В., Реут О.Л., Смирнова Ю.А.  
Харьковский автомобильно-дорожный университет  
(Украина)

Идентификация объектов на складе включает в себя комплекс программных и технических средств, от подбора которых зависит качество и эффективность работы склада. Именно поэтому для широкого круга компаний актуальным стал вопрос выбора вида идентификации (товара, мест хранения) для склада с учетом его особенностей. Это является главной задачей на пути к созданию автоматизированной системы управления складом.

Экономический эффект от использования конкретного вида идентификации рассчитывается с учетом текущего состояния склада, проблем, возникающих при его работе, предполагаемого снижения издержек, простоев, потерь, повышения пропускной способности.

Идентификацию можно условно разделить на несколько видов: визуальную («бумажная» технология), штрих-кодovou и радиочастотную (RFID).

При «бумажной» технологии все задания распечатываются на бумаге. Кладовщики в процессе обработки должны самостоятельно сопоставить текстовое описание товара, которое они видят на листе, с тем объектом, который находится в соответствующей адресной ячейке.

Технология штрихового кодирования состоит из оборудования для нанесения штрих-кода на продукцию (принтера для печати) и оборудования для считывания информации с товара (сканера штрих-кода), которое подключается непосредственно к компьютеру для дальнейшей обработки. Сканер штрих-кода можно назвать элементом машинного зрения, который позволяет системе автоматизации «увидеть» то, что зашифровано в штрих-коде. Таким образом, система автоматизации берет на себя дополнительные функции – она пишет и читает написанное. Товар сам становится носителем информации, которую воспринимает система.

Однако для целого ряда областей применение этих двух технологий является нерезультативным. Визуальная технология обеспечивает низкую скорость обработки информации, увеличивает количество ошибок, вызванных человеческим фактором. А технология штрихового кодирования не может обеспечить контроль перемещения объектов в реальном времени и работать в жестких условиях эксплуатации. Поэтому многие предприятия начали переходить на радиочастотную технологию идентификации товаров при проведении складских операций.

Радиочастотная идентификация (RFID-технология) использует радиоволны для автоматической идентификации физических объектов и позволяет осуществлять бесконтактный ввод и считывание данных с меток на расстоянии и без их прямой видимости, используя для этого как стационарные, так и мобильные устройства.

RFID-технология представляет собой систему, которая состоит из радиочастотной метки или транспондера, которая содержит закодированную информацию о товаре, ридера или считывающего устройства, который считывает информацию с метки и программного обеспечения, осуществляющего операции записи или считывания кода.

Основным преимуществом RFID-технологии, по сравнению с другими видами идентификации, является бесконтактное считывание на расстоянии, независимость от условий эксплуатации, высокая скорость и надежность считывания (записи) данных, обеспечение защиты от подделок, простота обслуживания.

Оптимальный выбор технических средств, которые входят в систему радиочастотной идентификации, повысит эффективность работы склада за счет

увеличения скорости обработки информации, исключения вероятности неправильной отгрузки, сокращения времени на поиск товара, повышения точности инвентаризации, уменьшения затрат труда.

Задача выбора технических средств, которые входят в систему RFID-идентификации, может быть решена методами многокритериальной оптимизации данного типа объектов.

Постановка задачи заключается в следующем. Имеем:

- параметры и основные характеристики складского технологического процесса;
- технические средства, входящие в систему радиочастотной идентификации, их параметры и характеристики.

Необходимо определить набор технических средств системы радиочастотной идентификации по заданным критериям и ограничениям.

Задачу проектирования RFID-технологии в общем виде решить сложно из-за множества разносторонних противоречивых критериев и ограничений. Необходимо произвести декомпозицию общей задачи на частные: выбор комплекта технических средств системы идентификации, выбор программного обеспечения для реализации системы идентификации.

Выбор технических средств идентификации (меток) осуществляется по следующим функциональным и затратным критериям:

- дальность считывания;
- рабочая частота;
- скорость обмена данными;
- объем памяти;
- потребляемая мощность;
- стоимость.

Выбор ридера производится по следующим функциональным и затратным критериям:

- дальность считывания;
- частота радиоканала;
- потребляемый ток;
- питание;
- масса;
- стоимость.

Метод многокритериальной оценки технических средств, входящих в систему радиочастотной идентификации, позволит подобрать рациональный комплект программно-технического обеспечения при проектировании системы идентификации груза, что значительно повысит эффективность складского технологического процесса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дшхунян В.Л., Шаньгин В.Ф. Электронная идентификация. Бесконтактные электронные идентификаторы и смарт-карты. – М.: ООО «Издательство АСТ»: Издательство «НТ Пресс», 2004. – 695 с.
2. <http://www.rf-id.ru>. Применения RFID. Автоматизация учета грузов на складе: от штрих-кода к RFID.
3. <http://www.pcweek.ru>. Десятка перспективных технологий.

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТА МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

Покотилов І.П.

Херсонський економічно-правовий інститут

(Україна)

**Вступ.** Суб'єкти ринку морських перевезень працюють в умовах ризику і невизначеності, коли традиційні механізми прийняття рішень є недостатньо ефективними для оцінки поточного стану як окремих операторів перевезень, так і логістичних транспортних систем та їх прогнозування. Вважаючи багатоваріантність рішень і значну ймовірність ефективності перевезень морським транспортом при різних способах їх організації, операторам необхідно впроваджувати проектний підхід як інструмент підвищення якості управлінських рішень на різних рівнях.

**Актуальність досліджень** полягає у необхідності забезпечення операторів ринку морських перевезень необхідними методологічними інструментами та інформаційними ресурсами для прийняття рішень при проектуванні морських перевезень.

**Постановка задачі.** Запропонувати сучасні методологічні інструменти для вирішення задач відбору проектів ефективних перевезень морським транспортом.

**Результати досліджень.** Відомо, що управління портфелем проектів, проектами в рамках програм і управління окремими проектами компаній вимагають різних методичних комплексів. Тому, в першу чергу, необхідна повна поінформованість всіх учасників проекту щодо рівня системної підпорядкованості проектної діяльності. Найбільш відповідальним в управлінні є передпроектний етап, який вимагає найбільшого обсягу інформації, виходячи з показників маркетингового, технічного, фінансового, економічного, екологічного і соціального аналізів. Це особливо актуально при обмежених фінансових коштах компанії.

Запозичені методики, у своїй більшості, уже є спрощеними формалізованими підходами, особливо у змістовній частині. Вони розроблені з врахуванням особливостей національних, регіональних або міжнародних положень, звичаїв та регулюючих норм у сфері економічного аналізу інвестиційних проектів [1].

В Україні процес відбору для фінансування і оцінки ефективності інвестиційних проектів регулюють ряд нормативних і методичних документів, затверджених постановами Кабінету міністрів України, Мінекономіки України, наказами Держбуду України, колегією Мінекономіки України. Усі вказані чинні заходи враховують використання різних джерел фінансування: державних, власних коштів українських підприємств і із залученням коштів іноземних інвесторів [2].

Для відбору інвестиційних проектів також зарекомендував себе метод аналізу ієрархій, запропонований американським математиком Томасом Сааті, який широко пропонується в численних напрямках використання. Але метод має суттєвий недолік, який полягає у складності обчислень при визначенні вагових коефіцієнтів критеріїв і оцінок проектів.

Через відсутність єдиного можливого методу ранжирування проектів, компанії використовують власні розробки. Втім, через брак професійного досвіду в сфері подібних розробок, такі методики не забезпечують збалансований вибір інвестиційних проектів.

Після опрацювання прогресивного досвіду [3] рекомендуються наступні вимоги до ранжирування інвестиційних проектів: визначення значущості проектів відповідно до стратегічних цілей компанії; визначення значущості проектів у їх відповідності до діючих світових інтеграційних програм і проектів; національних і регіональних соціально-економічних програм розвитку; комплексна оцінка, що враховує різні ефекти від реалізації проекту; визначення пріоритету проектів у вигляді підсумкових оцінок;

використовування процедур, що виключають або суттєво зменшують суб'єктивне ухвалення рішень.

Вважаємо неприпустимим використовувати для всіх інвестиційних проектів однакові критерії, оскільки частина інвестиційних проектів, що володіють специфічними властивостями, може бути недооцінена. Для розподілу проектів кожній компанії необхідно розробити власну класифікацію з урахуванням специфіки її інвестиційної діяльності на основі експертних суджень і при використанні інформаційних інтелектуальних систем.

**Висновки.** Підвищення ефективності перевезень на морському транспорті можливе з використанням проектного підходу. При цьому необхідно використовувати прогресивний іноземний і національний досвід у сфері проектного менеджменту та створення інформаційних інтелектуальних систем. Його реалізація можлива при забезпеченні осіб, що приймають рішення на різних рівнях, необхідною інформаційною базою і відповідним методологічним інструментарієм. На рівні держави необхідно впровадження інтегрованих транспортних інтелектуальних систем.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Онікієнко С.В. Застосування світового досвіду обґрунтування доцільності інвестиційних проектів // [www.meliora.com.ua](http://www.meliora.com.ua).
2. <http://portal.rada.gov.ua>.
3. Новичок И.И. Формирование методологии отбора проектов, предлагаемых к реализации: обобщение опыта // Управление проектами. – № 3 (16). – 2009 // [www.pmmagazine.ru](http://www.pmmagazine.ru).

## МЕТОД НАЗНАЧЕНИЯ ДОПУСКОВ НА ПАРАМЕТРЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Саушев А.В., Шошмин В.А.

Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций  
(Россия)

**Введение.** Одной из важнейших задач параметрического синтеза технических систем (ТС) является задача назначения допусков на параметры элементов системы. Известные методы решения этой задачи предполагают замену области допустимых изменений параметров (области работоспособности) некоторым ортогональным гиперпараллелепипедом, оптимальным в том или ином смысле [1]. В докладе показано, что такая замена приводит к большой методической погрешности. Необходима более точная аппроксимация области работоспособности ТС и переход от независимых допусков к зависимым допускам. Приводится краткий обзор определения областей работоспособности в виде совокупности граничных точек и рассматривается метод аналитического описания ее границы. Полученное решение с высокой достоверностью задает допуски на параметры элементов ТС для произвольной формы области работоспособности.

**Актуальность исследований.** Возрастающая сложность ТС, изменчивые условия эксплуатации, что особенно характерно для транспортных средств, обуславливают необходимость регулярного контроля и прогнозирования состояния этих систем. Особую актуальность при этом приобретает разработка методов и технических средств, обеспечивающих высокую достоверность полученных результатов, которая в значительной степени определяется точностью назначения допусков на параметры ТС. В докладе рассматривается один из возможных подходов к решению задачи, предполагающий высокоточное задание области работоспособности на основе использования логических R-функций.

**Постановка задачи.** Состояние ТС в любой фиксированный момент времени характеризуется некоторым набором или вектором параметров, среди которых можно выделить *внутренние параметры*  $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n)$ , характеризующие состояние комплектующих элементов ТС и называемые *первичными параметрами* (коэффициенты усиления, постоянные времени и т.п.); *внутренние параметры*  $\mathbf{Z}^v = (Z_1^v, Z_2^v, \dots, Z_g^v, \dots, Z_c^v)$ , характеризующие сигналы на выходах элементов системы,  $v = \overline{1, h}$ ,  $h$  – число элементов; *выходные (внешние) параметры*  $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_m)$ , характеризующие различные функциональные зависимости фазовых переменных  $\mathbf{Z} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_g, \dots, Z_c)$  на выходах ТС. Эти параметры являются показателями качества и характеризуют функциональные свойства ТС.

Область допустимых изменений параметров  $\mathbf{G} = \mathbf{D}_X \cap \mathbf{M}_Z \cap \mathbf{M}_Y$  определяется условиями работоспособности [1],

$$Y_{j \min} \leq Y_j = F_j(\mathbf{X}) \leq Y_{j \max}, j = \overline{1, m} \rightarrow \mathbf{M}_Y$$

$$Z_{j \min}^v \leq Z_j^v = F_j^v(\mathbf{X}) \leq Z_{j \max}^v, v = \overline{1, h} \rightarrow \mathbf{M}_Z$$

$$X_{i \min} \leq X_i \leq X_{i \max}, i = \overline{1, n}, \rightarrow \mathbf{D}_X$$

Аппроксимация области  $\mathbf{G}$  гиперпараллелепипедом приводит к большой методической погрешности, которая нелинейно возрастает при увеличении числа первичных параметров  $\mathbf{X}$ . Кроме того, для не односвязных областей работоспособности

известные методы не имеют однозначного решения [1]. Ставится задача разработки более точного метода назначения допусков на параметры элементов ТС.

**Результаты исследований.** Учитывая, что область  $\mathbf{G}$  геометрически представляет собой пересечение конечного числа гиперповерхностей  $f_g$ ,  $g = 1, 2, \dots, d; d = 2(m + h + n)$ , определяемых неравенствами (1) и представленных в одном из следующих видов  $F_j(\mathbf{X}) - Y_{j\min} \geq 0$ ,  $Y_{j\max} - F_j(\mathbf{X}) \geq 0$ ,  $F_j^v(\mathbf{X}) - Z_{j\min}^v \geq 0$ ,  $Z_{j\max}^v - F_j^v(\mathbf{X}) \geq 0$ ,  $X_i - X_{i\min} \geq 0$ ,  $X_{i\max} - X_i \geq 0$ , можно записать:

$$G = f_1 \wedge f_2 \wedge \dots \wedge f_g \wedge \dots \wedge f_d.$$

В том случае, если функции  $f_g$  принадлежат к классу  $R$ -функций [2], можно воспользоваться их свойствами и перейти от логической к аналитической форме записи.

Для построения  $R$ -конъюнкции удобно использовать следующую формулу:

$$f_g \wedge_{\alpha}^k f_{g+1} = 0,5 \left( f_g + f_{g+1} - \sqrt{f_g^2 + f_{g+1}^2 - 2\alpha f_g f_{g+1}} \right) R(f_g, f_{g+1}),$$

где  $R(f_g, f_{g+1})$  – функция, обеспечивающая наличие  $k$  производных  $R$ -конъюнкции,  $\alpha \in [-1; 1]$  – параметр преобразования,  $f_g = f_g(\mathbf{X})$  – уравнение  $g$ -ой гиперповерхности области  $\mathbf{G}$ , которое, при необходимости, всегда можно получить, используя методы планирования эксперимента [3].

В том случае, если не требуется, чтобы функция  $\Phi$  была дифференцируема, формула (3) может быть упрощена. Принимая коэффициент  $\alpha = 1$ , получим

$$f_g \wedge f_{g+1} = 0,5 \left( f_g + f_{g+1} - |f_g - f_{g+1}| \right).$$

Последовательно используя рассмотренные выше преобразования, можно получить аналитическое выражение, аппроксимирующее область работоспособности, которое с высокой достоверностью будет определять допуски на параметры ТС. Например, для случая, когда  $m = n = 2, h = 0$  область работоспособности задается уравнением

$$G = 0,5 \left( M_Y + D_X - |M_Y - D_X| \right),$$

$$M_Y = 0,5 \left( c + d - |c - d| \right), \quad D_X = 0,5 \left( e + f - |e - f| \right)$$

$$c = Y_{1\max} - Y_{1\min} - |2F_1(X_1, X_2) - Y_{1\max} - Y_{1\min}|; \quad d = Y_{2\max} - Y_{2\min} - |2F_2(X_1, X_2) - Y_{2\max} - Y_{2\min}|;$$

$$e = X_{1\max} - X_{1\min} - |2X_1 - X_{1\max} - X_{1\min}|; \quad f = X_{2\max} - X_{2\min} - |2X_2 - X_{2\max} - X_{2\min}|.$$

В докладе приводится количественная оценка методической погрешности назначения допусков, излагаются методы их задания в виде множества граничных точек и рассматриваются примеры практического применения полученных результатов.

**Выводы.** При назначении допусков на параметры технических систем для снижения методической погрешности необходима достаточно точная аппроксимация области работоспособности. Предложенный метод решения задачи, основанный на использовании свойств логических  $R$ -функций, позволяет значительно снизить методическую погрешность и получить окончательное решение в удобной для практического применения форме записи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Саушев А.В. Методы управления состоянием электротехнических систем. – СПб.: СПГУВК, 2004. – 126 с.
2. Рвачев В.Л. Геометрические приложения алгебры логики – К.: Техника, 1967. – 212 с.

## ОСОБЛИВОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛЯ ПІД ЧАС РУХУ

Цвіркун Л.І., Гончарук С.О.  
Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»  
(Дніпропетровськ, Україна)

**Вступ.** Сучасні легкові та вантажні автомобілі обладнуються бортовими комп'ютерами, що керують різними системами в автомобілі. Такі бортові комп'ютери розраховані на автономну роботу. Службові інтерфейси електронних бортових пристроїв дозволяють локально проводити контроль параметрів автомобіля, зчитування кодів помилок й навіть заміну програмного забезпечення бортового комп'ютера. На даний момент не вистачає простого й доступного способу, щоб використовувати ці можливості віддалено, і особливо під час руху.

Рішенням даної проблеми є створення автоматизованої системи віддаленого контролю параметрів автомобіля під час руху, яка дозволяє на великій відстані своєчасно діагностувати технічні проблеми транспортного засобу і таким чином підвищити безпеку руху.

**Актуальність досліджень.** Розробка автоматизованої системи віддаленого контролю параметрів автомобіля під час руху робить діагностику більш доступною для масового застосування користувачами автомобілів, що в підсумку дозволяє уникати великої кількості дорожньо-транспортних пригод з причин технічної несправності транспортних засобів.

**Постановка задачі.** Необхідно розробити базову систему віддаленого контролю параметрів автомобіля, котра дозволить проводити діагностику автомобіля під час руху, та в подальшому вдосконалювати систему інтелектуальної діагностики.

Система повинна складатися з клієнтської та серверної частин. Клієнтська частина має забезпечувати збір і передачу даних, а серверна частина в свою чергу має забезпечити приймання, збереження і обробку даних.

Таким чином, для розробки системи необхідно вибрати компоненти і обґрунтувати структуру даного рішення. Аналогічно варто визначити типи аналогових і цифрових інтерфейсів, необхідних для збору повної інформації про роботу систем автомобіля.

У зв'язку з тим, що контроль транспортних засобів повинен бути здійснений під час руху, слід передбачити бездротову технологію, що забезпечує передачу даних між сервером і контрольованим рухомим об'єктом.

**Результати досліджень.** Розробка системи автоматизованого віддаленого контролю передбачає вирішення наступних задач:

- збір і обробка первинних даних;
- передача обробленої інформації на віддалений сервер;
- збереження інформації;
- відображення інформації.

За виконання кожної з цих задач відповідає окрема підсистема.

Серед основних параметрів автомобіля, які контролюються, можна виділити: швидкість руху, кількість оборотів двигуна за хвилину, температура охолоджуючої рідини, напруга бортової мережі, витрати пального і повітря, коди помилок електронного бортового пристрою і т.п.

У ранніх розробках подібних систем для передачі інформації використовували технології з розподіленими радіоканалами, які мають ряд недоліків при роботі [1].

Тому в системі, що розробляється, для передачі інформації застосовано технологію мобільного зв'язку GSM, що дозволяє використовувати сучасне малогабаритне абонентське устаткування. У даній технології зв'язку можливо використовувати протокол

передачі даних з комутацією пакетів – General Packet Radio Service (GPRS), щоб з'єднатися з віддаленим сервером через мережу Інтернет (рис. 1).



Рисунок 1 – Структурна схема системи контролю рухомого об'єкту

Даний підхід припускає зберігання і обробку інформації на веб-сервері. Диспетчер, фахівець технічного сервісу або окремий автовласник через Інтернет підключається до цього сервісу засобами звичайного веб-браузера [2].

При цьому він дістає наступні можливості:

- Переглядати актуальні параметри автомобіля – приборна панель;
- Відображення історії даних, динаміки зміни окремих параметрів;
- Формування звітів про технічний стан і експлуатацію;
- Експорт звітів як у формі зручній для читання (таблиці Excel), так і для подальшої обробки і інтерпретації автоматичними засобами (xml, csv).

#### **Висновки.**

1. Проведений аналіз дозволив обґрунтувати структуру автоматизованої системи віддаленого контролю параметрів автомобіля під час руху, яка дозволяє у подальшому реалізувати інтелектуальну систему діагностики несправностей автомобіля.

2. Розроблено і відлагоджено модель автоматизованої системи віддаленої діагностики.

3. Досліджено характеристики з'єднання GPRS під час руху автомобіля.

4. Запропоновано і перевірено на моделі закон керування з'єднанням автомобіля з діагностичним сервером.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Цвіркун, Л. І. Прогресивні інформаційні технології в системах контролю кар'єрного транспорту [Текст] / Л. І. Цвіркун, Р. В. Липовий // 16-та Міжнародна конференція з автоматичного управління "АВТОМАТИКА-2009". Тези доповідей. – Чернівці: Книги-XXI, 2009. – С. 394-396.

2. Цвіркун, Л. І. Робототехніка та мехатроніка: навч. посібник [Текст] / Л. І. Цвіркун, Г. Грулер. – 2-ге вид., випр. – Д.: Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", 2010. – 222 с.



## РАЗРАБОТКА ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РУЛЕВОЙ МАШИНОЙ

Шевченко В.А.

Одесская национальная морская академия

(Украина)

**Введение.** С увеличением интенсивности судоходства безаварийность плавания судов приобретает все большую актуальность. С технической точки зрения безаварийность плавания напрямую зависит от надежной работы движительно-рулевого комплекса, одним из наиболее важных узлов которого является рулевая машина.

**Актуальность исследований.** Из мировой практики известны многие крупные аварии судов, непосредственными причинами которых были отказы или выходы из строя гидравлических рулевых машин (ГРМ) [1].

В работе [2] приведены концепция и методы отказо-толерантного управления (ОТУ). В основу концепции ОТУ заложена идея своевременного определения вышедшего из строя или частично неисправного (с пониженными характеристиками) элемента системы и автоматическое принятие мер по компенсации локальной неисправности с целью предотвращения отказа системы в целом.

В работе [3] положено начало исследованиям в отношении повышения надежности системы автоматического управления курсом судна с применением методов ОТУ.

**Постановка задачи.** Задачей данной работы является синтез рациональной структуры системы управления судовой рулевой машиной, а также алгоритмов ее реконфигурации, методами отказо-толерантного управления с целью повышения ее устойчивости к типовым локальным неисправностям.

**Результаты исследований.** В качестве примера были рассмотрены две характерные неисправности ГРМ, приведенные среди ряда других в работе [1]: перекладка руля на угол больше или меньше заданного; заклинивание руля в одном положении при работе двух рулевых машин.

Для первого случая был предложен вариант системы с компенсатором (рис. 1), учитывающим отклонение положения пера руля от заданного значения с применением эталонной (референц) модели рулевой машины [4].

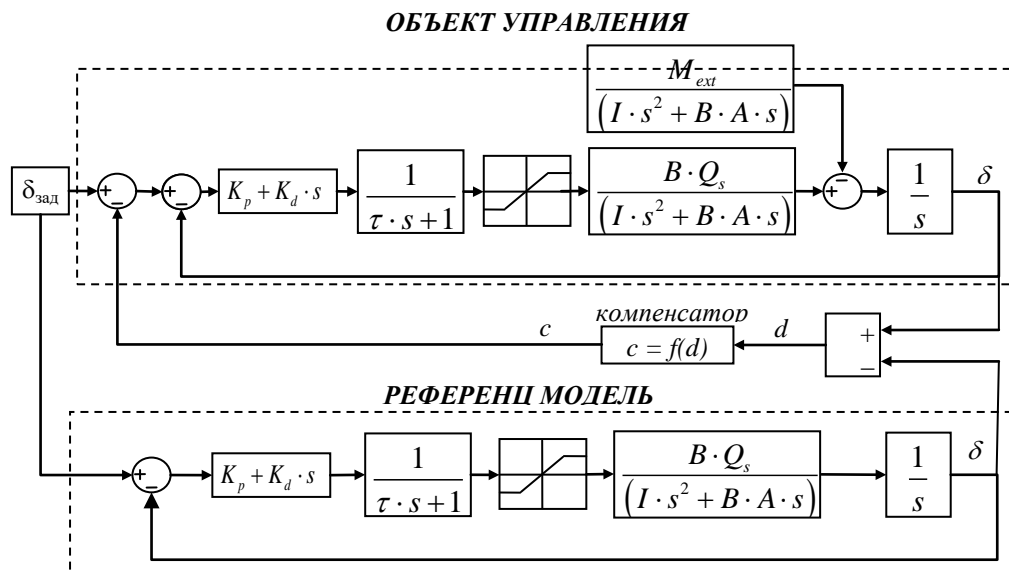


Рисунок 1 – Блок-схема системы управления ГРМ с компенсатором

Во втором случае синтезирована система с алгоритмом реконфигурации для изоляции неисправной рулевой машины при заклинивании рулевого механизма.

$$c = Y_{1\max} - Y_{1\min} - |2F_1(X_1, X_2) - Y_{1\max} - Y_{1\min}|; \quad d = Y_{2\max} - Y_{2\min} - |2F_2(X_1, X_2) - Y_{2\max} - Y_{2\min}|;$$

$$e = X_{1\max} - X_{1\min} - |2X_1 - X_{1\max} - X_{1\min}|; \quad f = X_{2\max} - X_{2\min} - |2X_2 - X_{2\max} - X_{2\min}|.$$

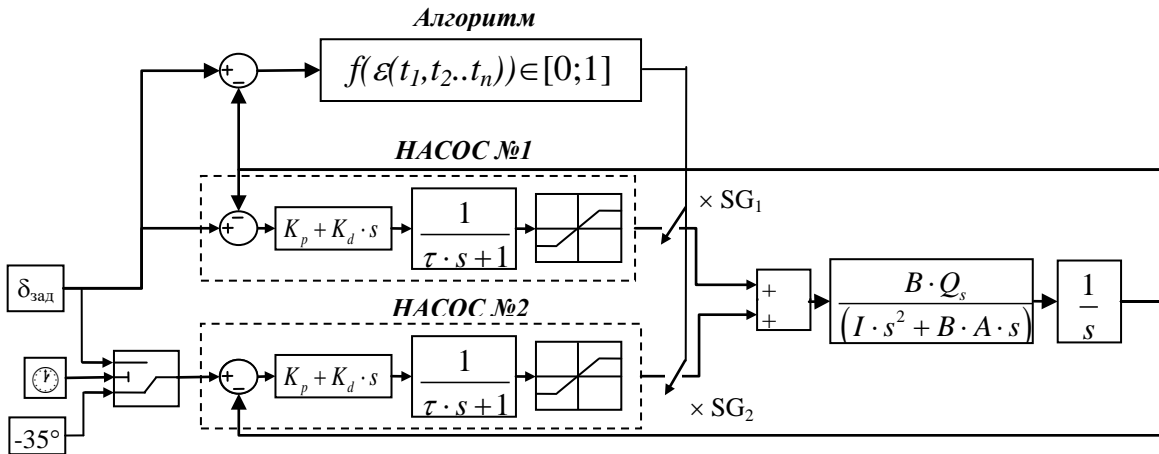


Рисунок 2 – Блок-схема системы управления ГРМ с алгоритмом автоотключения

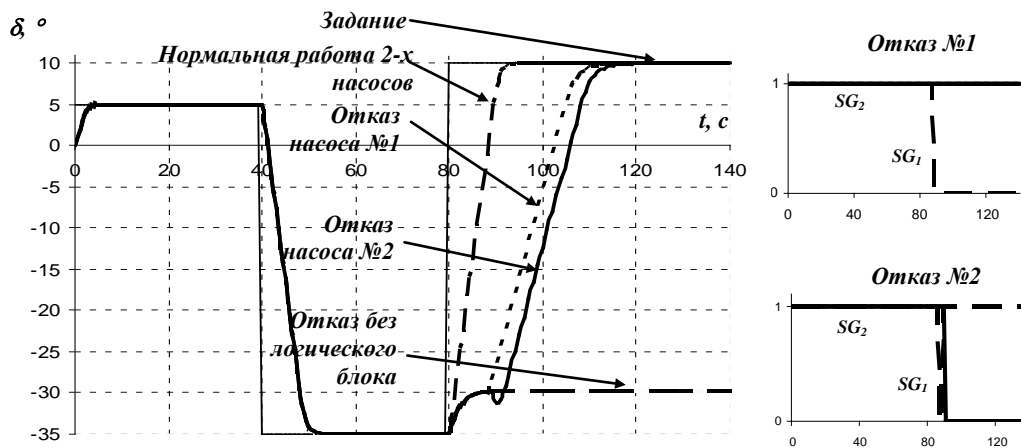


Рисунок 3 – Графики работы ГРМ при различных конфигурациях системы  
Слева: положение пера руля; справа: включение/выключение насосов

**Выводы.** В работе получены композиции рулевой системы судна с переменной структурой, устойчивой к таким типовым неисправностям, как: несоответствие угла перекладки руля заданному значению; заклинивание руля в одном положении при работе двух рулевых машин. Что достигалось путем реализации алгоритмов реконфигурации системы управления, направленных на изоляцию или компенсацию возникших неисправностей, методами теории отказо-толерантного управления (ОТУ).

Результаты имитационного моделирования работы полученных систем посредством программного комплекса MATLAB Simulink показали эффективность применения методов ОТУ к рассмотренным неисправностям и целесообразность дальнейших исследований в данном направлении.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Харин В.М. Судовые гидравлические рулевые машины: Учеб. пособ. – Одесса: Феникс, 2005. – 280 с.

2. Blanke, M., M. Staroswiecki and N. E. Wu (2001). Concepts and Methods in Fault-tolerant Control. Invited tutorial lecture at American Control Conference, Washington, USA, 22-24 June 2001. – 15 p.
3. E. OMERDIC, G.N. ROBERTS and Z. VUKIC (2002). Reconfigurable Control System for Ship Course-changing/keeping. 15th IFAC World Congress, Barcelona, Spain, July 21-26, 2002.
4. Xiros N. I., Tsourapas V. P., Mourtzouchos K. K. A hydraulic steering gear simulator for analysis and control. Proceeding of WSEAS conference. Athens, Greece, 2004. – pp. 276-287.

## ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

- Абрашкевич Ю.Д., 104  
Адров Д.С., 123  
Ажищев В.Ф., 5  
Аржаєв Г.О., 263  
Артамонова Ю.В., 224  
Атаманюк И.П., 8
- Балака М.М., 263  
Безлюдько Г.Я., 246  
Белан С.Н., 10, 231  
Белоусов И.В., 234  
Белякова Д.С., 51  
Бень А.П., 13  
Беспалый В.А., 61  
Биньковская А.Б., 174  
Бова Е.В., 204  
Бойко А.П., 109  
Бойко В.В., 82  
Бондаренко А.В., 109  
Булка Л.Л., 33  
Бурко Д.Л., 111
- Вакарова А.Й., 248  
Варбанец Р.А., 235  
Варчук В.Н., 16  
Василив Г.М., 16  
Васильев И.А., 113  
Велигурский В.О., 115  
Величко Ю.И., 97  
Вербовський В.С., 123  
Вильський Г.Б., 239, 242  
Возный А.М., 251  
Волосюк Ю.В., 18
- Гайда А.Ю., 49, 251  
Гармаш О.Г., 224  
Гладинюк Б.В., 244  
Головань А.И., 235  
Гончарук С.О., 279  
Горбач О.К., 248  
Горбов В.М., 117  
Горобченко О.М., 20  
Горяинов А.Н., 121  
Григорова А.А., 21  
Грицук І.В., 123  
Грицук Ю.В., 123  
Гуцол Т.Д., 212
- Дмитриев В.И., 125  
Дмитрієва А.І., 131  
Дубровкіна М.В., 27
- Єнчев С.В., 261  
Єрмак О.М., 133
- Жарикова М.В., 53
- Завальнюк О.П., 246  
Загородний Д.О., 212  
Захарченко Р.М., 21  
Зеленський О.В., 212
- Ивановский В.Г., 235  
Івченко Л.М., 29  
Ільге І.Г., 31
- Казак В.М., 33, 134, 140, 248  
Калмиков Д.О., 31  
Карпов М.А., 117  
Качанюк Н.В., 27  
Кирилович В.А., 35, 147  
Кірюшатова Т.Г., 21  
Коваленко И.И., 46  
Кольченко М.В., 48  
Кондратенко Ю.П., 8  
Кононыхин А.С., 67  
Косенко Ю.И., 77  
Кошкин К.В., 5, 49, 51, 251  
Кошляк І.С., 33  
Кравчук Н.П., 134  
Краснокутська З.І., 123  
Кривенко С.А., 169  
Кривошея Ю.В., 20  
Кривошеков В.Е., 253  
Куценко О.В., 255  
Кучеренко Ю.Н., 235
- Левин В.И., 150  
Ляшенко Е.Н., 53
- Мандра А.В., 5  
Маслов В.А., 159  
Матвієнко С.А., 167  
Мачишин Г.М., 104  
Меженков А.В., 257  
Михайленко В.С., 59  
Моторнюк Р.Л., 231  
Мусієнко Є.М., 169
- Надич М.М., 239, 242  
Нестеренко В.Б., 246  
Нефедов Л.И., 61, 67, 72, 169, 174, 180  
Николаенко О.С., 109  
Носов П.С., 77
- Овсиенко А.В., 72  
Остафійчук Р.В., 134
- Осташко Е.А., 185
- Палій К.В., 140  
Панін В.В., 261  
Пархоменко К.О., 257  
Пелевін Л.Є., 104, 263  
Петренко Ю.А., 67, 72  
Пилогин С.В., 242  
Пипченко А.Д., 268  
Писклакова О.А., 79  
Підтиченко О.В., 35  
Плугина Т.В., 273  
Покотилов І.П., 275  
Поляков В.А., 192
- Реут О.Л., 273  
Рехман А.В., 198
- Сазонов А.Ю., 147  
Салапатов В.І., 200  
Самосейко В.Ф., 234  
Санько Я.В., 133  
Саушев А.В., 204, 277  
Свешников В.В., 207  
Сидорчук О.В., 212  
Смирнова Ю.А., 273
- Терлич С.В., 217  
Тимченко А.А., 82
- Фалецька Г.І., 221  
Фарионова Т.А., 51  
Фесенко Н.Б., 85  
Филь Н.Ю., 180
- Харченко Р.Ю., 59  
Хачапуридзе Н.М., 192  
Ходаков В.Е., 97  
Хрипуненко Г.В., 224
- Цвіркун Л.І., 279  
Цепляєв А.С., 263
- Чернега І.П., 102
- Шагіданов В.І., 217  
Швед А.В., 46  
Шевченко В.А., 268, 281  
Шевченко М.В., 174  
Шевчук Д.О., 134  
Шошмин В.А., 204, 277
- Яни А.Ю., 51

## ЗМІСТ

|   | Стор.     |
|---|-----------|
| <b>ПЕРЕДМОВА</b>  | <b>3</b>  |
| <i>Секція 1: Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень</i>  |           |
| <b>ОСОБЕННОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА ПРЕДПРИЯТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ</b><br>Ажищев В.Ф., Кошкин К.В., Мандра А.В.<br>Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова (Николаев, Украина)                               | <b>5</b>  |
| <b>ЛИНЕЙНЫЙ ВЕКТОРНЫЙ ПРОГНОЗИРУЮЩИЙ КОНТРОЛЬ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ</b><br>Атаманюк И.П.<br>Николаевский государственный аграрный университет (Украина),<br>Кондратенко Ю.П.<br>Черноморский государственный университет им. Петра Могилы (Николаев, Украина) | <b>8</b>  |
| <b>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВРЕМЯИМПУЛЬСНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА</b><br>Белан С.Н.<br>Государственный экономико-технологический университет транспорта (Киев, Украина)                                     | <b>10</b> |
| <b>ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРАВИЛ МППСС-72 В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СУДОВОДИТЕЛЯ</b><br>Бень А.П.<br>Херсонский государственный морской институт (Украина)  | <b>13</b> |
| <b>РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ КОНТРОЛЛЕРА БОРТОВЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА VHDL</b><br>Василив Г.М., Варчук В.Н.<br>Национальный авиационный университет (Киев, Украина)   | <b>16</b> |
| <b>МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО РЕСУРСУ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ</b><br>Волосяк Ю.В.<br>Миколаївська філія Європейського університету (Україна)   | <b>18</b> |
| <b>РОЗРОБКА СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ МАШИНІСТІВ ЛОКОМОТИВІВ</b><br>Горобченко О.М., Кривошея Ю.В.<br>Донецький інститут залізничного транспорту (Україна)   | <b>20</b> |
| <b>РОЛЬ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В УПРАВЛІНСЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА</b><br>Григорова А.А., Захарченко Р.М., Кірюшатова Т.Г.<br>Херсонський національний технічний університет (Україна)  | <b>21</b> |
| <b>ОСОБЛИВОСТІ ОГЛЯДОВОГО КОНТРОЛЮ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИЛАДІВ НА ОСНОВІ ЗВОРОТНОГО ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ</b><br>Дубровкіна М.В., Качанюк Н.В.<br>Науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Іскра» (Луганськ, Україна)                  | <b>27</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>АНАЛІЗ ФІНАНСОВОГО СТАНУ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА<br/>З ВИКОРИСТАННЯМ МЕРЕЖ БАЙЄСА</b>  | <b>29</b> |
| Івченко Л.М.<br>Навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного і системного аналізу»<br>Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»<br>(Україна) |           |
| <b>ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ<br/>ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕЙДУВНОЇ ТРУБИ</b>  | <b>31</b> |
| Ільге І.Г., Калмиков Д.О.<br>Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна)  |           |
| <b>ДЕКОМПОЗИЦІЯ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖНИМИ<br/>АВІАЦІЙНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ</b>   | <b>33</b> |
| Казак В.М., Кошляк І.С., Булка Л.Л.<br>Національний авіаційний університет (Київ, Україна)   |           |
| <b>ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ<br/>ЦИКЛОВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ МЕХАНООБРОБНИХ ГВК</b>   | <b>35</b> |
| Кирилович В.А., Підтиченко О.В.<br>Житомирський державний технологічний університет (Україна)  |           |
| <b>АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК<br/>КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ</b>  | <b>46</b> |
| Коваленко І.І.<br>Черноморский государственный университет им. Петра Могилы (Николаев, Украина),<br>Швед А.В.<br>Николаевский национальный университет им. В.А. Сухомлинского (Украина)  |           |
| <b>ПОВЕДІНКОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРИСТУВАЧІВ ЯК МІРА<br/>РЕЛЕВАНТНОСТІ ВЕБ-РЕСУРСІВ</b>  | <b>48</b> |
| Кольченко М.В.<br>Харківський національний університет радіоелектроніки (Україна)  |           |
| <b>РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ<br/>В ПОРТФЕЛЕ ПРОЕКТОВ</b>   | <b>49</b> |
| Кошкін К.В., Гайда А.Ю.<br>Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова (Николаев,<br>Украина)   |           |
| <b>КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ</b>   | <b>51</b> |
| Кошкін К.В., Фарионова Т.А., Яни А.Ю., Беякова Д.С.<br>Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова (Николаев,<br>Украина)   |           |
| <b>ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ<br/>ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ</b>  | <b>53</b> |
| Ляшенко Е.Н., Жарикова М.В.<br>Херсонский национальный технический университет (Украина)   |           |
| <b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ<br/>ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ<br/>СУДНОМ</b>  | <b>59</b> |
| Михайленко В.С., Харченко Р.Ю.<br>Одесская национальная морская академия (Украина)   |           |

|  |            |
|--|------------|
| <b>РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ</b>  | <b>61</b>  |
| Нефёдов Л.И., Беспалый В.А.<br>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)  |            |
| <b>СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОЦЕНКЕ И АНАЛИЗУ СРЕДЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОФИСА</b>  | <b>67</b>  |
| Нефёдов Л.И., Петренко Ю.А., Кононыхин А.С.<br>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)  |            |
| <b>СИНТЕЗ МОБИЛЬНОГО ОФИСА ПРОЕКТОВ СОДЕРЖАНИЯ И РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГ</b>   | <b>72</b>  |
| Нефёдов Л.И., Петренко Ю.А., Овсиенко А.В.<br>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)   |            |
| <b>МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ В ЗАДАЧАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ</b>  | <b>77</b>  |
| Носов П.С., Косенко Ю.И.<br>Одесский национальный политехнический университет (Украина)  |            |
| <b>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТИ</b>   | <b>79</b>  |
| Писклакова О.А.<br>Харьковский национальный университет радиозлектроники (Украина)   |            |
| <b>СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ</b>  | <b>82</b>  |
| Тимченко А.А., Бойко В.В.<br>Черкаський державний технологічний університет (Україна)  |            |
| <b>КОМПОНЕНТЫ ИСПОЛНЕНИЯ ДЕЙСТВИЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ</b>  | <b>85</b>  |
| Фесенко Н.Б.<br>Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины (Киев, Украина)   |            |
| <b>ПРЕДПОСЫЛКИ РЕАЛИЗАЦИИ АДАПТИВНОГО ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ</b>  | <b>97</b>  |
| Ходаков В.Е., Величко Ю.И.<br>Херсонский государственный технический университет   |            |
| <b>СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ІНВЕСТИЦІЙНО-КРЕДИТНОЇ ПОЛІТИКИ</b>  | <b>102</b> |
| Чернега І.П.<br>Навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного системного аналізу»<br>Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»<br>(Україна) |            |

**Секція 2: Системний аналіз та математичне моделювання складних об'єктів**

|   |            |
|---|------------|
| <b>МЕХАНИЗМ ВЗАЄМОДІЇ ПОЛІМЕРНОГО ВОЛОКНА, НАПОВНЕНОГО АБРАЗИВОМ, З ОБРОБЛЮВАЛЬНОЮ ПОВЕРХНЕЮ</b>                      | <b>104</b> |
| Абрашкевич Ю.Д., Мачишин Г.М., Пелевін Л.Є.<br>Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна) |            |

|   |            |
|---|------------|
| <b>МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА СУДНА-ПРОТОТИПА</b>   | <b>109</b> |
| Бондаренко А.В., Бойко А.П., Николаенко О.С.<br>Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова (Николаев, Украина)  |            |
| <b>АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ УРОВНЯ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ И ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЕЁ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ</b>   | <b>111</b> |
| Бурко Д.Л.<br>Харьковская национальная академия городского хозяйства (Украина)  |            |
| <b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ОТПРАВОК КОНТЕЙНЕРОВ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА</b>  | <b>113</b> |
| Васильев И.А.<br>Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия)  |            |
| <b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ЗАМКНУТОМ ОБЪЕМЕ</b>   | <b>115</b> |
| Велигурский В.О.<br>Одесский государственный экологический университет (Украина)  |            |
| <b>АНАЛИЗ СПОСОБОВ ТОПЛИВОПОДГОТОВКИ В СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ ГЕНЕРАТОРАМИ</b>   | <b>117</b> |
| Горбов В.М., Карпов М.А.<br>Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова (Николаев, Украина)  |            |
| <b>ПОИСК НЕДОСТАТКОВ И АЛГОРИТМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ В РАМКАХ ТРАНСПОРТНОЙ ДИАГНОСТИКИ</b>   | <b>121</b> |
| Горяинов А.Н.<br>Харьковская национальная академия городского хозяйства (Украина)   |            |
| <b>ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОСТІ Й ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ СТАЦІОНАРНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ШЛЯХОМ РЕГУЛЮВАННЯ ЇХ ТЕПЛОВОГО СТАНУ І ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ТЕПЛОТИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ</b>   | <b>123</b> |
| Грицук І.В.<br>Донецький інститут залізничного транспорту (Україна),<br>Адров Д.С., Грицук Ю.В.<br>Донбаська національна академія будівництва і архітектури (Макєєвка, Україна),<br>Вербовський В.С.<br>Інститут газу НАН України (Україна),<br>Краснокутська З.І.<br>Національний транспортний університет (Київ, Україна) |            |
| <b>ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ</b>  | <b>125</b> |
| Дмитриев В.И.<br>Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций (Россия)   |            |
| <b>МЕТОДИ ПОШУКУ ГАМІЛЬТОНОВОГО ЦИКЛУ В ГРАФАХ, ВАГИ ДУГ ЯКИХ ЗМІНЮЮТЬСЯ З ЧАСОМ</b>  | <b>131</b> |
| Дмитрієва А.І.<br>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (Україна)   |            |



|  |            |
|--|------------|
| <b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ВАНТАЖНОГО ПІДПРИЄМСТВА ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ</b>         | <b>133</b> |
| Єрмак О.М., Санько Я.В.<br>Харківська національна академія міського господарства (Україна)   |            |
| <b>РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОСАДКИ САМОЛЕТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ</b> | <b>134</b> |
| Казак В.Н., Кравчук Н.П., Шевчук Д.О., Остафийчук Р.В.<br>Национальный авиационный университет (Киев, Украина)                                     |            |
| <b>МЕТОДИКА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ АВІАЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ</b>  | <b>140</b> |
| Казак В.М., Палій К.В.<br>Національний авіаційний університет (Київ, Україна)  |            |
| <b>ТОЧНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМИ РОБОТАМИ РОБОЧИХ ПОЗИЦІЙ МЕХАНООБРОБНИХ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ КОМІРОК</b>                      | <b>147</b> |
| Кирилович В.А., Сазонов А.Ю.<br>Житомирський державний технологічний університет (Україна)   |            |
| <b>ЛОГИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ КОНФЛИКТА И СОТРУДНИЧЕСТВА В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ</b>   | <b>150</b> |
| Левин В.И.<br>Пензенская государственная технологическая академия (Россия)   |            |
| <b>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗЕМСНАРЯДОВ ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПУЛЬПЫ</b>   | <b>159</b> |
| Маслов В.А.<br>Одесский национальный морской университет (Украина)   |            |
| <b>ІННОВАЦІЙНА МЕТОДИКА ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ ЛОКОМОТИВІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МОДЕЛЬНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ</b>                                   | <b>167</b> |
| Матвієнко С.А.<br>Українська державна академія залізничного транспорту (Харків, Україна)   |            |
| <b>ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КВАНТУВАННЯ ГОЛОСУ ДЛЯ ІННОВАЦІЙ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ</b>   | <b>169</b> |
| Нефьодов Л.І., Кривенко С.А., Мусієнко Є.М.<br>Харківський національний автодорожній університет (Україна)   |            |
| <b>ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИНТЕЗА КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ СИСТЕМЫ ОФИСОВ</b>                                   | <b>174</b> |
| Нефёдов Л.И., Шевченко М.В., Биньковская А.Б.<br>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)                              |            |
| <b>МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЕЙ ПРОЕКТОВ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ ПРИРОДНЫХ СИТУАЦИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ АВТОДОРОГАХ</b>        | <b>180</b> |
| Нефёдов Л.И., Филь Н.Ю.<br>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)  |            |
| <b>ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ СЕПАРАЦИЯ СУДОВЫХ ЛЬЯЛЬНЫХ ВОД</b>  | <b>185</b> |
| Осташко Е.А.<br>Одесский национальный морской университет (Украина)  |            |

|  |            |
|--|------------|
| <b>О ПРИСПОСОБЛЯЕМОСТИ ДВИЖЕНИЯ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО Поезда</b>  | <b>192</b> |
| Поляков В.А., Хачапуридзе Н.М.<br>Институт транспортных систем и технологий Национальной академии наук Украины<br>(Днепропетровск, Украина)  |            |
| <b>СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТОВ В АВИАКОМПАНИИ «РОЗА ВЕТРОВ»</b>   | <b>198</b> |
| Рехман А.В.<br>Государственная летная академия (Кировоград, Украина)   |            |
| <b>СИНТЕЗ ЭФФЕКТИВНОГО КОДУ ПРОГРАМ У КОМПЛЯТОРАХ</b>  | <b>200</b> |
| Салапатов В.І.<br>Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького (Україна)   |            |
| <b>МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ</b>   | <b>204</b> |
| Саушев А.В., Шошмин В.А., Бова Е.В.<br>Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций (Россия)  |            |
| <b>ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И УСЛОВНОЙ СТОИМОСТИ СМЕШАННЫХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПРОХОДНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП МЕХАНИЧЕСКИХ СУДОВЫХ СИСТЕМ</b>  | <b>207</b> |
| Свешников В.В.<br>Академия военно-морских сил им. П.С. Нахимова (Севастополь, Украина)   |            |
| <b>ЕТАПИ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ВИРОБНИЦТВА</b>  | <b>212</b> |
| Сидорчук О.В.<br>Національний науковий центр «ІМЕСГ» (Україна),<br>Гуцол Т.Д., Загородний Д.О., Зеленський О.В.<br>Подільський державний аграрно-технічний університет (Кам'янець-Подільський,<br>Україна) |            |
| <b>СУДНОВІ ПРИМІЩЕННЯ МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ НЕСАМОХІДНИХ СУДЕН</b>   | <b>217</b> |
| Терлич С.В.<br>Херсонська філія Національного університету кораблебудування ім. адмірала<br>Макарова (Україна)<br>Шагіданов В.І.<br>Військово-морський інженерний інститут (С.-Петербург, Росія)           |            |
| <b>МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ПАСАЖИРОПОТОКІВ У МІСТАХ</b>  | <b>221</b> |
| Фалецька Г.І.<br>Харківська національна академія міського господарства (Україна)   |            |
| <b>Секція 3: Контроль, діагностика і прийняття рішень при управлінні рухомими об'єктами</b>  |            |
| <b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСТАВКИ ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЯМИ ШЛЯХОМ МІНІМІЗАЦІЇ ЧАСУ РУХУ ВІД ПОСТАЧАЛЬНИКА ДО СПОЖИВАЧА</b>  | <b>224</b> |
| Артамонова Ю.В., Гармаш О.Г., Хрипуненко Г.В.<br>Автомобільно-дорожній інститут Державного вищого навчального закладу<br>«Донецький національний технічний університет» (Україна)                          |            |

- СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ  
НА ОСНОВЕ КЛЕТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ** 231  
Белан С.Н., Моторнюк Р.Л.  
Государственный экономико-технологический университет транспорта (Киев,  
Украина)
- АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОПУСКОМ СУДОВ ЧЕРЕЗ  
ШЛЮЗ** 234  
Белоусов И.В., Самосейко В.Ф.  
Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций (Россия)
- ИНТЕРНЕТ-МОНИТОРИНГ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ  
ТРАНСПОРТНОГО СУДНА** 235  
Варбанец Р.А., Ивановский В.Г., Кучеренко Ю.Н., Головань А.И.  
Одесский национальный морской университет (Украина)
- ІНФОРМАЦІЙНІ ПОТОКИ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ РУХОМ СУДЕН** 239  
Вільський Г.Б., Надич М.М.  
Миколаївський політехнічний інститут (Україна)
- КОМПЛЕКСНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА  
УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДОВ** 242  
Вильский Г.Б., Пилюгин С.В., Надич М.М.  
Николаевский политехнический институт (Украина)
- ДІАГНОСТИКА АЕРОДИНАМІЧНОГО СТАНУ ЛІТАКА У ПОЛЬОТІ  
ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОМЕРЕЖ** 244  
Гладинок Б.В.  
Національний авіаційний університет (Київ, Україна)
- ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ С ПОЗИЦИИ ОЦЕНКИ  
СТЕПЕНИ УСТАЛОСТИ МЕТАЛЛА КОРПУСА И МЕХАНИЗМОВ СУДНА** 246  
Завальнюк О.П., Нестеренко В.Б.  
Херсонский государственный морской институт (Украина),  
Безлюдько Г.Я.  
Научно-производственная фирма «Специальные научные разработки» (Харьков,  
Украина)
- СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОЛЬОТОМ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАКА** 248  
Казак В.М., Горбач О.К., Вакарова А.Й.  
Національний авіаційний університет (Київ, Україна)
- МЕТОДЫ, МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ И  
ПРОГРАММАМИ РАЗВИТИЯ НАУКОЕМКИХ ПРОИЗВОДСТВ** 251  
Кошкин К.В., Возный А.М., Гайда А.Ю.  
Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова (Николаев,  
Украина)
- МЕНЕДЖМЕНТ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ ФЛОТА –  
ВЕРНЫЙ ПУТЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И  
РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ** 253  
Кривошеков В.Е.  
Одесский учебно-исследовательский центр «Надежность в судоходстве»  
Всеукраинской ассоциации «Надежность» (Украина)

|  |            |
|--|------------|
| <b>ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ ЗАХИСТУ СУПУТНИКОВОЇ РАДІОНАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З УРАХУВАННЯМ ЗАЛИШКОВИХ ПОХИБОК ВИЗНАЧЕННЯ ПСЕВДОВІДСТАНЕЙ</b>  | <b>255</b> |
| Куценко О.В.<br>Національний авіаційний університет (Київ, Україна)  |            |
| <b>РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ КЕРОВАНОВОГО «ЛЕЖАЧОГО ПОЛЩЕЙСЬКОГО»</b>  | <b>257</b> |
| Меженков А.В., Пархоменко К.О.<br>Автомобільно-дорожній інститут Державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (Україна)                              |            |
| <b>КЛАСИФІКАЦІЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ У КОМПРЕСОРАХ АВІАЦІЙНИХ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ</b>  | <b>261</b> |
| Панін В.В.<br>Київська державна академія водного транспорту ім. Петра Конашевича-Сагайдачного (Україна)<br>Єнчев С.В.<br>Національний авіаційний університет (Київ, Україна)                 |            |
| <b>МЕХАТРОННИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ТЯГОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗЕМЛЕРІЙНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН</b>  | <b>263</b> |
| Пелевін Л.Є., Балака М.М., Цепляев А.С.<br>Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА) (Україна)<br>Аржаєв Г.О.<br>Миколаївський будівельний коледж КНУБА (Україна) |            |
| <b>ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ РУЛЕВЫХ МАШИН МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ОТКАЗО-ТОЛЕРАНТНОГО УПРАВЛЕНИЯ</b>  | <b>268</b> |
| Пипченко А.Д., Шевченко В.А.<br>Одесская национальная морская академия (Украина)   |            |
| <b>ЗАДАЧА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ СКЛАДА</b>  | <b>273</b> |
| Плугина Т.В., Реут О.Л., Смирнова Ю.А.<br>Харьковский автомобильно-дорожный университет (Украина)  |            |
| <b>ІНФОРМАЦІЙНІ ТА МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ</b>  | <b>275</b> |
| Покотилов І.П.<br>Херсонський економічно-правовий інститут (Україна)   |            |
| <b>МЕТОД НАЗНАЧЕНИЯ ДОПУСКОВ НА ПАРАМЕТРЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ</b>   | <b>277</b> |
| Саушев А.В., Шошмин В.А.<br>Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций (Россия)   |            |
| <b>ОСОБЛИВОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛЯ ПІД ЧАС РУХУ</b>   | <b>279</b> |
| Цвіркун Л.І., Гончарук С.О.<br>Державний ВНЗ «Національний гірничий університет» (Дніпропетровськ, Україна)  |            |
| <b>РАЗРАБОТКА ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РУЛЕВОЙ МАШИНОЙ</b>  | <b>281</b> |
| Шевченко В.А.<br>Одесская национальная морская академия (Украина)  |            |
| <b>ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК</b>  | <b>284</b> |



Збірка наукових праць

Матеріали  
III Міжнародної науково-практичної конференції

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ  
ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
НА ТРАНСПОРТІ**

**MINTT-2011**

Том 1

Відповідальний за випуск *Врублевський Р.Є.*  
Технічний редактор *Клементьєва О.Ю.*  
Коректор *Федіна О.І.*  
Друк, фальцювальні-палітурні роботи *Удов В.Г.*

Підписано до друку 12.05.2011. Формат 60x84/16.  
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.  
Умов. друк. аркушів 18,5. Тираж 200 прим.

Видавець і виготовлювач  
ВНЗ «Херсонський державний морський інститут»  
Просп. Ушакова, 20, к. 224, м. Херсон, 73000  
тел. (0552) 44-25-24

Свідоцтво про державну реєстрацію  
ХС №62 від 06.06.2008

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ ПОДАТОК