

УДК 629.584  
DOI: 10.15587/1729-4061.2014.30871

# КОНЦЕПЦІЯ РОБОТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ ПІДВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИВ'ЯЗНИХ ПІДВОДНИХ АПАРАТІВ

**О. В. Блінцов**

Кандидат технічних наук, доцент  
Кафедра імпульсних технологій\*

**А. С. Сірівчук**

Аспірант

Кафедра електрообладнання суден та  
інформаційної безпеки\*  
E-mail sirivchuk@mail.ua

\*Національний університет кораблебудування  
пр. Героїв Сталінграду, 9,  
м. Миколаїв, Україна, 54000

*Розроблено концепцію моніторингу підводного середовища на основі застосування роботизованих технологій з використанням самохідних прив'язних підводних апаратів та сформульовано основні задачі, які повинен виконувати підводний апарат в процесі моніторингу.*

*Розроблено узагальнену структуру системи автоматичного керування самохідним прив'язним підводним апаратом, яка дасть змогу зменшити навантаження на оператора та підвищити ефективність технології моніторингу*

*Ключові слова: прив'язний підводний апарат, моніторинг водних ресурсів, інтелектуальна система керування, концепція моніторингу*

*Разработана концепция мониторинга подводной среды на основе использования роботизированных технологий с использованием самоходных привязных подводных аппаратов и сформулированы основные задачи, которые должен исполнять подводный аппарат в процессе мониторинга.*

*Разработано обобщенную структуру системы автоматического управления самоходным привязным подводным аппаратом, которая даст возможность уменьшить нагрузку на оператора та повысит эффективность технологии мониторинга*

*Ключевые слова: привязной подводный аппарат, мониторинг водных ресурсов, интеллектуальная система управления, концепция мониторинга*

## 1. Вступ

Моніторинг підводного середовища є важливою складовою державної системи моніторингу навколишнього природного середовища України і являє собою систему збирання, обробки, збереження та аналізу інформації про кількісний та якісний стан вод та донної поверхні з метою прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі використання і охорони вод [1]. Він організується і виконується в інтересах організацій НАН України, Держприкордонслужби України, Мінагрополітики України, Мінкультури України, Мінінфраструктури України, Мінприроди України, Мінпаливенерго України, Міноборони України та ін. [2–6].

Традиційні засоби моніторингу підводного середовища будуються на базі стаціонарних систем або виконуються водолазами (планово або оперативно). Всі ці засоби мають низку недоліків. При використанні водолазів до недоліків можна віднести: недостовірність отримуваних даних з-за «людського фактору», суттєва залежність від кліматичних умов, великі витрати часу на підготовку водолазних спусків та загроза життю людини [7]. До недоліків використання стаціонарних

систем відносять: високу вартість підводного обладнання та обмежений простір їх використання [8].

Роботизація технологій моніторингу підводного середовища дасть змогу підвищити його ефективність та достовірність отримуваних даних про його гідрофізичні та гідрохімічні параметри.

## 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Досвід авторів у питаннях створення і застосування підводних апаратів-роботів свідчить, що їх застосування для розв'язку завдань моніторингу утворює перспективний прикладний науковий напрямок, який дасть змогу суттєво підвищити продуктивність і достовірність досліджень підводного середовища [9, 10]. Такі апарати можуть бути реалізовані двома основними технічними рішеннями: автономними або прив'язними підводними апаратами. Недоліками автономних підводних апаратів є висока ціна, обмежений час роботи під водою, відсутність оперативної інформації про підводну обстановку у реальному часі, тому для моніторингу підводного середовища віддається перевага використанню прив'язних підводних апаратів. Ненаселені прив'язні підводні апарати (ППА) мають

наступні переваги: високу оперативність, спостереження підводного середовища в режимі реального часу, низьку вартість, доступність, добре апробовані в Україні технології застосування [11]. Проте, застосування такого виду підводної техніки вимагає розробки відповідних систем автоматичного керування, що утворює самостійне актуальне наукове завдання.

Огляд науково-технічної літератури свідчить, що питання моніторингу підводного середовища за допомогою прив'язних підводних апаратів вивчені недостатньо. В наукових виданнях достатньо повно висвітлені питання автоматизації керування окремими режимами руху ППА [12, 13], проте їх застосування для задач всебічного моніторингу підводного середовища або не розглянуто [12], або розглядається для обмежених траєкторій руху ППА [13]. Особливості екологічного, охоронного та інших видів моніторингу добре висвітлені в науковій літературі [14, 15], але питання автоматизації ППА для моніторингу або не висвітлені або мають постановочний характер. Відомості про застосування інтелектуальних систем керування в задачах підводного моніторингу для автономних та буксированих підводних апаратів наводяться відповідно в [13, 16]. Актуальною на сьогоднішній день є автоматизація моніторингу підводного середовища з застосуванням самохідних ППА на основі інтелектуальних систем керування.

### 3. Мета та задачі дослідження

Прив'язні підводні апарати широко використовуються в Україні та світі, але зазвичай вони не мають інтелектуальної системи керування, так як керуються за допомогою оператора. Проблемами такого керування є наявність кваліфікованого персоналу для керування ППА, а також неможливість виконання високоточних вимірів при наявності зовнішніх збурень. Ці недоліки усуваються за допомогою автоматичного або автоматизованого керування.

Метою даної роботи є розробка концепції моніторингу підводного середовища за допомогою самохідного прив'язного підводного апарата та узагальненої структури інтелектуальної системи його керування.

Для досягнення поставленої мети необхідно виділити та класифікувати задачі моніторингу, сформулювати основні задачі, які повинен виконувати самохідний ППА в процесі моніторингу, розробити узагальнену структуру системи автоматичного керування (САК) з елементами штучного інтелекту для їх виконання.

### 4. Характеристика акваторій України як об'єктів моніторингу

Виходячи з аналізу водних ресурсів України, за основу приймаємо наступну градацію акваторій, в яких необхідно проводити моніторинг:

- 1) виключна морська економічна зона – акваторії Чорного моря зі всіма природними ресурсами, прилегли до України, які лежать за межами державної території України; ширина цієї зони складає 200 морських миль;

- 2) територіальне море – прибережні морські води Азовського і Чорного морів шириною 12 морських миль, відлічуваних від лінії найбільшого відпливу як на материк, так і на островах, що належать Україні, або від прямих вихідних ліній, які з'єднують відповідні точки [4];

- 3) внутрішнє море – це води Азовського моря, що знаходяться під юрисдикцією України та Росії; дві третини моря є внутрішніми водами України, інша третина – є внутрішніми водами Росії;

- 4) внутрішні води України, до яких відносяться:
  - води портів України, обмежені лінією, яка проходить через постійні портові споруди, які найбільше виступають у бік моря;
  - води заток, бухт, губ і лиманів, гаваней і рейдів, береги яких належать Україні;
  - обмежена лінією державного кордону частина вод річок, озер та інших водойм, береги яких належать Україні [3].

До об'єктів державного моніторингу вод належать:

- поверхневі води: природні водойми (озера) і річки; штучні водойми (водосховища, ставки), канали та ін.;

- внутрішні морські води та територіальне море; виключна (морська) економічна зона України;

- джерела забруднення вод, включаючи зворотні води, аварійні скидання рідких продуктів і відходів, втрати продуктів і матеріалів при видобуванні корисних копалин у межах акваторій внутрішніх морських вод, територіального моря і виключної (морської) економічної зони України та дам্পінг відходів;

- води поверхневого стоку із сільськогосподарських угідь;

- надходження шкідливих речовин з донних відкладів (вторинне забруднення) та інші джерела забруднення (затонулі судна тощо).

### 5. Розробка концепції роботизованого моніторингу підводного середовища на основі застосування ППА

Основні задачі моніторингу по сферам використання можна розділити на декілька видів: промисловий, геологічний, екологічний та охоронний (рис. 1). Така класифікація є умовною, оскільки задачі, які виконуються при моніторингу, можуть носити подібний характер.

Основними задачами **промислового моніторингу** підводного середовища є огляд стану виконуваних гідротехнічних, інспекція гідротехнічних об'єктів (дамб, трубопроводів, мостів тощо), обстеження акваторій та створення моделей для проведення гідротехнічних робіт, обстеження при аварійних ситуаціях, інспекція археологічних об'єктів, створення карт гідротехнічних робіт тощо. Ці роботи на даний час в Україні виконуються за допомогою водолазів, з суден за допомогою буксирувальних гідролокаторів бічного огляду та ехолотів.

Задачами **геологічного моніторингу** є обстеження, картографування та архівування інформації про підводне середовище на предмет зміни глибини та форми дна каналу, річки, озера, морського шельфу, відбір ґрунту та пошук корисних копалин в виключній морській економічній зоні, складання тривимірної

моделі дна акваторії, портів, бухт, дамб, шлюзів тощо. В Україні такий тип моніторингу проводиться рідко, зазвичай, з необладнаних суден. Відбір ґрунту робиться з судна за допомогою опускного пристрою, що має спеціалізований пробовідбірник. При збільшенні робочої глибини та наявності течій такий спосіб відбору проб втрачає свою ефективність.



Рис. 1. Види моніторингу підводного середовища

Для картографування дна та відстеження зміни глибини використовуються гідролокатори бічного огляду та ехолоти, що закріплені на судні (катері), що паралельними галсами обстежує територію, такий тип моніторингу має такі недоліки: невисока точність проходження галсами, оскільки судна зазвичай не мають системи стабілізації на течії; високі затрати часу та ресурсів.

**Екологічний моніторинг** за своїми задачами можна розділити на два типи: базовий (спостереження за екосистемою, на яку майже не впливає людська діяльність) та антропогенний (вивчає вплив людини на навколишнє середовище) [15]. Методи такого моніторингу для підводного середовища в технічному плані не майже не відрізняються. Основними технологічними операціями при цьому є відбір проб води і ґрунту для аналізу її радіаційних, хімічних, бактеріальних характеристик та забруднюючих речовин. В залежності від типу проби вони розподіляються на точкову (однократний відбір проби води в заданому місці), періодичний (в залежності від часу, потоку води, об'єму), постійний (глибинний відбір та відбір по площі на заданій глибині).

**Охоронний моніторинг** має за мету спостереження за підводним середовищем з метою виявлення неправомірних дій – несанкціонований доступ до захищених акваторій, незаконна підводна діяльність тощо. Методи такого моніторингу передбачають проведення всього спектру підводних робіт від пошуку й ідентифікації до картографування і відбору проб води і ґрунту, а в окремих випадках – і доставку у задану точку підводного середовища спеціального охоронного обладнання.

В Україні охоронний моніторинг підводного середовища передбачає тільки водолазні технології і знаходиться на початковій стадії впровадження.

Аналіз досвіду підводних робіт з застосуванням ППА, який накопичений в Україні при виконанні морських пошукових операцій, уворює підґрунтя для роз-

робки нових роботизованих технологій моніторингу підводного середовища, впровадження яких у морську практику дасть наступні переваги:

- зменшення залежності проведення підводних операцій від погодних умов;
- повне виключення ризиків для людського життя, у тому числі при виконанні робіт на акваторіях, що мають хімічне або радіаційне забруднення;
- висока готовність до роботи та практичне необмежена тривалість підводної місії;
- висока достовірність отримуваних результатів та сучасний цифровий формат отриманої інформації про підводне середовище, який дає змогу оперативної її отримувати, обробляти і пересилати;
- низька собівартість роботизованих підводних робіт.

В основу концепції моніторингу підводного середовища пропонується покласти наступні принципи:

- принцип системного підходу до створення типорозмірного ряду підводних апаратів та їх приладового забезпечення для виконання всього переліку підводних завдань моніторингу;
- принцип модульності побудови ППА, який передбачає розробку стандартизованого ряду конструктивних, енергетичних та інформаційних модулів, що дає змогу створювати підводні апарати з гнучкою конфігурацією та виконувати роботи з максимальною ефективністю;
- принцип побудови силового та інформаційного обладнання ППА як периферійних пристроїв керуючої ЕОМ вищого рівня, що дає змогу повністю автоматизувати процес керування ППА для базового набору підводних місій;
- принцип інтеграції всіх інформаційних потоків від ППА (фото- та відеоінформації, гідроакустичних, магнітометричних, гідрохімічних та гідропізичних даних про підводну обстановку тощо) в єдину базу та створення 3D-моделей підводного середовища з геоінформаційною прив'язкою.

В залежності від задач моніторингу виділяють основні типи обстеження:

- обстеження донної поверхні на заданій ділянці обстеження, для цього ППА повинен мати точну інформацію про його просторове положення відносно судна або його поточних географічних координат;
- обстеження протяжних предметів, які лежать на ґрунті; при виконанні такого типу робіт виникає необхідність стабілізації руху ППА відносно цього об'єкту;
- обстеження точкових об'єктів, такий тип робіт вимагає інформації про поточні координати ППА та координати об'єкта дослідження; задачею ППА в даному випадку є вихід на точку знаходження об'єкта, його огляд та дослідження його спеціалізованими сенсорами (гідроакустичними, магнітометричними, температурними тощо);
- обстеження вертикальних об'єктів (гідротехнічні споруди, стінки затонулого судна, скальні виступи рельєфу тощо). Для цього необхідно мати інструменти контролю відстані між апаратом та об'єктом дослідження, це дасть змогу контролювати положення та дистанцію ППА від об'єкта;

– обстеження товщі води, для виконання якого крім просторового положення ППА необхідно забезпечити його рух по заданій траєкторії за заданим оператором законом керування з коригуванням траєкторії руху для обходу підводних перешкод.

Попередній аналіз показує, що до найбільш складних задач створення ППА для моніторингу підводного середовища слід віднести задачу розробки системи автоматичного керування просторовим рухом апарату, який функціонує в умовах невизначеності параметрів водного середовища. Такі умови виникають з-за наявності підводних течій, складного рельєфу дна та наявності на ньому затонулих об'єктів.

Пропонується наступна узагальнена трирівнева структура системи автоматичного керування (САК) ППА для виконання підводного моніторингу, рис. 2.

**Виконавчий рівень** САК ППА реалізується на борту апарата. Він містить модуль керування рухом – автопілот, який реалізує програмний рух з заданими характеристиками швидкості, утримання на курсі і траєкторії. Для слідкування за координатами ППА до виконавчого рівня включено навігаційну систему (НС), що приймає дані з GPS, магнітометра, акселерометра, гіроскопа, датчика тиску та перетворює їх в поточні координати ППА.

Після перетворення інформації вказаних сенсорів в координати вони передаються до модулю контролю місії та модулю контролю зіткнень. Оскільки прилади GPS під водою не функціонують, супутникова інформація слугує для встановлення початкових координат ППА перед зануренням, а також для подальшої корекції координат під час спливання ППА. Після відключення GPS рух ППА відстежується за допомогою системи акселерометрів та розраховується по счисленню.

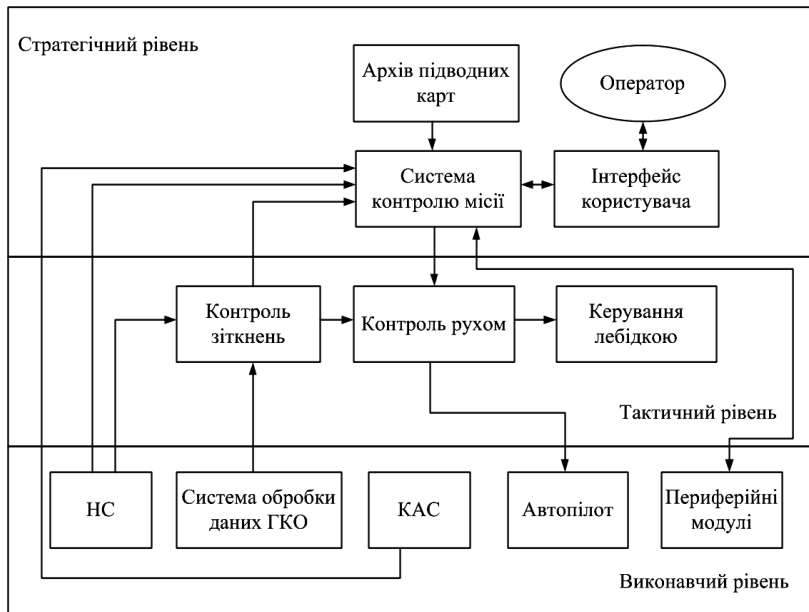


Рис. 2. Узагальнена структура САК ППА для виконання підводного моніторингу

Модуль відеоспостереження (один з периферійних модулів) забезпечує операторові ППА орієнтування у просторі при наявності об'єкта або ґрунту в зоні видимості відеокамери, а також забезпечує архівуван-

ня результатів відеообстеження об'єкта дослідження. Відеокомплекс складається з однієї або декількох відеокамер та світильників, що забезпечують необхідне освітлення на глибині або при нічних зануреннях.

Для виявлення наявності об'єктів та їх просторового положення, що оточують ППА, використовується система обробки даних гідролокатора кругового огляду (ГКО). Після отримання інформації вона передається модулю розпізнавання об'єктів в блоці контролю зіткнень.

Задачею контрольної-аварійної системи (КАС) є моніторинг стану компонентів ППА та захист обладнання від виходу з ладу (наприклад при перенавантаженні), а також забезпечення керування ППА при виході з ладу одного або декількох елементів. Інформація про стан ППА отримується від датчиків температури, струму, напруги, вологості тощо. Крім цього задачею КАС є сповіщення оператора ППА про наявність аварійної ситуації на борту ППА. Для забезпечення більшої надійності під час місії однією з задач КАС також є врахування показників стану ППА. Таким чином, при виникненні критичної аварійної ситуації можна визначити її причину.

Блок керування периферійними модулями (ГБО, маніпулятори, батометри тощо) забезпечує виконання задач місії, які потребують спеціалізованого начіпного обладнання (маніпулятори, пробовідбірники).

**Тактичний рівень** САК ППА є проміжною ланкою між стратегічним та виконавчим рівнем.

Одним з основних модулів даного рівня є модуль контролю руху ППА. Даний модуль на своєму вході приймає маршрут руху ППА від модулю контролю місії, навігаційні дані про координати ППА та альтернативний маршрут від системи контролю зіткнень. Основною задачею даного модулю є перетворення поточних координат ППА на маршруті руху в миттєве значення вектору швидкості руху ППА. Крім траєкторії руху ППА модуль контролю місії також може релізовувати спеціалізовані режими руху: стабілізація в точці, рух з постійною швидкістю, зупинка ППА без стабілізації в точці. Інформація яка приходить з модулю контролю зіткнень, може змінювати траєкторію руху, що приходить від модулю контролю місії, якщо вона може призвести до зіткнення ППА з перешкодами.

Модуль контролю зіткнень дає змогу спрогнозувати можливе зіткнення ППА з іншим рухомим або нерухомим об'єктом та пропонує можливий обхід даного об'єкта. Вхідними даними для аналізу ситуації є дані, які отримуються від ГКО, далі по цим даним будується модель. Після отримання даних про оточуючі об'єкти та поточні кінематичні параметри ПА система прогнозує можливу загрозу зіткнення з об'єктом та розраховує можливий варіант обходу перешкоди або безпечного підходу до об'єкта моніторингу.

Модуль контролю зіткнень дає змогу спрогнозувати можливе зіткнення ППА з іншим рухомим або нерухомим об'єктом та пропонує можливий обхід даного об'єкта. Вхідними даними для аналізу ситуації є дані, які отримуються від ГКО, далі по цим даним будується модель. Після отримання даних про оточуючі об'єкти та поточні кінематичні параметри ПА система прогнозує можливу загрозу зіткнення з об'єктом та розраховує можливий варіант обходу перешкоди або безпечного підходу до об'єкта моніторингу.

Для забезпечення оптимальної (за критерієм мінімізації гідродинамічного опору) довжини випу-



щеної частини кабель-троса (КТ) на тактичному рівні знаходиться модуль керування його лебідкою. Вхідними даними для модуля керування лебідкою є поточні координати ППА, а також напрямок його руху для прогнозування наступного значення довжини випущеної частини КТ.

*Стратегічний рівень* відповідає за роботу ППС в цілому. Головним модулем даного рівня є модуль контролю місії, в ньому розміщується основна програма місії, а також алгоритми слідування за її виконанням. Основними задачами даного модуля є побудова траєкторії руху ППА, а також зберігання точок, в яких будуть проходити вимірювальні або технічні роботи. В цих точках активується відповідний режим руху: стабілізація в точці, рух з постійною швидкістю або постійним прискоренням між двома точками, дрейф та режим вимкнених двигунів (наприклад, в умовах закріплення ППА на ґрунті або об'єкті). Даний модуль також відповідає за керування периферійними модулями ППА.

Для завдання місії в системі керування необхідно розробити інтерфейс користувача, задачею якого є формування місії відповідно до дій оператора, а також побудова маршруту місії на основі архіву підводних карт зони моніторингу. У випадку відсутності підводних карт система буде найкоротшу траєкторію руху, яка б задовольняла поточній задачі моніторингу, при цьому корекція маршруту проходитиме в модулі контролю зіткнень. Для оновлення або створення підводних карт будуть використовуватися модуль контролю зіткнень та периферійний модуль гідролокатора бокового огляду.

Реалізації блоків автопілоту, КАС та контролю зіткнень представляють собою окремі складні науково-технічні задачі. Найбільш перспективним є застосування засобів штучного інтелекту при син-

тезі елементів цих блоків, в блоці КАС пропонується застосовувати підходи, викладені в [17], блок автопілоту пропонується будувати на основі новітніх підходів з використанням онлайн-ідентифікації [18], контроль зіткнень пропонується здійснювати на основі застосування штучних нейронних мереж та елементів нечіткої логіки. Інтелектуальні складові на тактичному та виконавчому рівнях забезпечать зменшення навантаження на операторів ППА та підвищення ефективності моніторингу підводного середовища.

## 6. Висновки

На основі аналізу та класифікації сучасних задач моніторингу підводного середовища розроблено концепцію моніторингу підводного середовища на основі застосування роботизованих технологій з використанням самохідних прив'язних підводних апаратів та сформульовано основні задачі, які повинен виконувати підводний апарат в процесі моніторингу. Застосування роботизованих технологій дасть змогу зменшити залежність від погодних умов, виключити ризики для людського життя та забезпечити інші переваги при виконанні задач підводного моніторингу.

Розроблено узагальнену структуру системи автоматичного керування самохідним прив'язним підводним апаратом, яка дасть змогу зменшити навантаження на оператора та підвищити ефективність роботизованої технології моніторингу за критерієм зменшення часу та збільшення якості отримуваної інформації за рахунок застосування інтелектуальних модулів у складі системи автоматичного керування, реалізувати які пропонується на основі штучних нейронних мереж та елементів нечіткої логіки.

## Література

1. Порядок здійснення державного моніторингу вод [Електронний ресурс] / постанова Кабінету Міністрів України від 20 липня 1996 р., N 815. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/815-96-%D0%BF>
2. Концепція цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Комплексна оцінка стану і прогнозування динаміки морського середовища та ресурсів Азово-Чорноморського басейну» [Електронний ресурс] / постанова Президії НАН України від 23.06.2010, № 201. – Режим доступу: [http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2010/regulations/OpenDocs/100623\\_201\\_conception.pdf](http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2010/regulations/OpenDocs/100623_201_conception.pdf)
3. Концепція цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Комплексний моніторинг, оцінка та прогнозування динаміки стану морського середовища та ресурсної бази Азово-Чорноморського басейну в умовах зростаючого антропогенного навантаження та кліматичних змін» на 2013-2015 рр. [Електронний ресурс] / Розпорядження Президії НАН України від 22.02.2013, № 121. – Режим доступу: [http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2013/directions/OpenDocs/130222\\_121\\_koncept.pdf](http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2013/directions/OpenDocs/130222_121_koncept.pdf)
4. Про державний кордон України [Електронний ресурс] / Закон України: офіц. текст: за станом на 04.11.1991. – Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1085.56.9&nobreak=1>
5. Конвенція про охорону підводної культурної спадщини [Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995\\_c52](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_c52).
6. Про Загальнодержавну цільову програму захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2013-2017 роки [Електронний ресурс] / Закон України: прийнята від 07.06.2012: – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/4909-17>
7. Смолин, В. В. Глубоководные водолазные спуски и их медицинское обеспечение [Текст] : В 3-х т. / В. В. Смолин, Г. М. Соколов, Б. Н. Павлов. – М.: Фирма "Слово". – 2003-2005.
8. Шамарин, А. Ю. Мониторинг подводной обстановки в прибрежной зоне и пути его усовершенствования [Текст] / А. Ю. Шамарин // Гідроакустичний журнал (Проблеми, методи та засоби досліджень Світового океану): 36. наук. пр. – 2006. – № 3. – С. 75–77.

9. Блинцов, В. С. Привязные подводные системы. [Текст] / В. С. Блинцов. – К.: Наукова думка, 1998. – 142 с.
10. Блінцов, О. В. Узагальнена методика оцінки ефективності підводної техніки у проектах глибоководної археології. [Текст] / О. В. Блінцов А. В. Надточій // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 1, № 3(67). – С. 25–29. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/21045/19318>
11. Рижков, С. С. Створення універсальних транспортних суден і засобів океанотехніки [Текст]: монографія / С. С. Рижков, В. С. Блінцов, Г. В. Єгоров, Ю. Д. Жуков, В. Ф. Квасницький, К. В. Кошкін, І. В. Кривцун, В. О. Некрасов, В. В. Севрюков, Ю. В. Солоніченко; за ред. С. С. Рижкова. – Миколаїв: Видавництво НУК, 2011. – 340 с.
12. Govindarajan, R. Underwater Robot Control Systems [Text] / R. Govindarajan, S. Arulselvi, P. Thamarai // International Journal of Scientific Engineering and Technology. – 2013. – Vol. 2, Issue 4. – P. 222–224.
13. Чан, Там Дык Структура системы автоматического управления движением системы мониторинга морской акватории [Текст] / Чан Там Дык // Підводна техніка і технологія: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Миколаїв: НУК, 2012. – С. 116–120.
14. Molchan, M. The Role of Micro-ROVs in Maritime Safety and Security [Text] / M. Mochlan. – Sciences, 2005. – 44 p.
15. Якунина, И. В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг [Текст] : уч. пос. / И. В. Якунина, Н. С. Попов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 188 с.
16. Агеев, М. Д. Автономный подводный аппарат – идеальная прецизионная платформа для подводных гравиметрических измерений [Текст] / М. Д. Агеев // Подводные исследования и робототехника. – 2009. – № 1(7) – С. 4–8.
17. Blintsov, A. V. Intelligent fault detection system of underwater vehicle electrical devices [Text] / A. Blintsov // Innowacyjne Materialy i Technologie w Elektronice": Materiały konferencyjne. VIII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna". – Zielona Gora: Uniwersytet Zielonogorski, 2014. – P. 32–36.
18. Блинцов, С. В. Онлайн-идентификация параметров подводного аппарата как нестационарного объекта в системе управления на базе инверсной модели [Електронне видання] / С. В. Блинцов // Вісник НУК. – 2012. – № 3. – Режим доступу: <http://ev.nuos.edu.ua/ru/material?publicationId=18267>

*На підставі використання методів теорії графів та об'єктно-орієнтованого аналізу удосконалена графоаналітична модель функціонування залізничної станції. Модель забезпечує підвищення швидкості людино-машинної взаємодії за рахунок автоматизованої вставки на план-графік повного комплексу операцій технології обслуговування об'єктів, автоматизованої модифікації груп операцій і автоматичного розрахунку показників роботи станції. Розроблена модель реалізована як додаток до AutoCAD*

*Ключові слова: залізнична станція, технологічний процес, план-графік роботи станції, математична модель*

*На основании использования методов теории графов и объектно-ориентированного анализа усовершенствована графоаналитическая модель функционирования железнодорожной станции. Модель обеспечивает повышение скорости человеко-машинного взаимодействия за счет автоматизированной вставки на план-график полного комплекса операций технологии обслуживания объектов, автоматизированной модификации групп операций и автоматического расчета показателей работы станции. Разработанная модель реализована как приложение к AutoCAD*

*Ключевые слова: железнодорожная станция, технологический процесс; план-график работы станций, математическая модель*

УДК 656.212

DOI: 10.15587/1729-4061.2014.30906

# ГРАФО- АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИ- РОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНО- ДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

А. И. Верлан

Заместитель генерального директора  
Общество с ограниченной  
ответственностью с иностранными  
инвестициями «Трансинвестсервис»  
ул. Чапаева 50, с. Визирка,  
Одесская обл., Украина, 67543  
E-mail: averlan@tis.ua

## 1. Введение

В современных условиях основным методом комплексного анализа работы магистральных и промышленных железнодорожных станций является

построение графической модели в виде плана-графика [1]. Планы графики строят с целью согласования работы всех парков станций, подъездных путей, определения загрузки основных элементов станций, сокращения межоперационных интервалов и опре-