

Технические науки

УДК 629.5.061+62-529

Даніленко Наталія Олегівна

студентка факультету інформатики та обчислювальної техніки

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Даниленко Наталья Олеговна

студентка факультета информатики и вычислительной техники

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Danilenko Natalya

Student of the Faculty of Informatics and Computer Science of the

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Репнікова Наталія Борисівна

кандидат технічних наук, доцент,

викладач факультету інформатики та обчислювальної техніки

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Репникова Наталья Борисовна

кандидат технических наук, доцент,

преподаватель факультета информатики и вычислительной техники

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Repnikova Natalya

PhD, Associated Professor of the

Faculty of Informatics and Computer Science

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

**СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПІДВОДНИМИ АПАРАТАМИ В
УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНЫМИ АППАРАТАМИ В
УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ
SYSTEM OF MANAGEMENT OF UNDERWATER VEHICLES UNDER
CONDITIONS OF UNCERTAINTY OF THE EXTERNAL
ENVIRONMENT**

***Анотація.** Розглядається проблема підвищення ефективності використання ресурсів автономним підводним апаратом в умовах нестабільності факторів зовнішнього середовища під час виконання місії. Пропонується синтез двох алгоритмів для вирішення проблеми. Перший алгоритм розв'язує задачу позиціонування підводного апарата з урахуванням різних напрямів течії води. Ця задача вирішується з використанням навігаційних карт. Другий алгоритм корегує вихідну карту навігації. Він базується на прогнозуванні затрат часу для подолання маршруту. Наведено результати моделювання системи управління підводним апаратом з урахуванням невизначеності водного середовища.*

***Ключові слова:** автономний підводний апарат, прогнозування, навігаційна карта, "третій" фактор.*

***Аннотация.** Рассматривается проблема повышения эффективности использования ресурсов автономным подводным аппаратом в условиях нестабильности факторов внешней среды при выполнении миссии. Предлагается синтез двух алгоритмов для решения проблемы. Первый алгоритм решает задачу позиционирования подводного аппарата с учетом различных направлений течения воды. Эта задача решается с использованием навигационных карт. Второй алгоритм корректирует выходную карту навигации. Он базируется на прогнозировании затрат времени для преодоления маршрута. Приведены*

результаты моделирования системы управления подводным аппаратом с учетом неопределенности водной среды.

Ключевые слова: автономный подводный аппарат, прогнозирование, навигационная карта, «третий» фактор.

Summary. *The problem of increasing the efficiency of resource use by an autonomous underwater vehicle under conditions of instability of environmental factors during the mission is considered. A synthesis of two algorithms for solving the problem is proposed. The first algorithm solves the problem of positioning an underwater vehicle, taking into account the different directions of the flow of water. This problem is solved using navigation charts. The second algorithm adjusts the output map of navigation. It is based on predicting the time required to overcome the route. The results of modeling the control system of the underwater vehicle taking into account the uncertainty of the aquatic environment are presented.*

Key words: *autonomous underwater vehicle, forecasting, navigation map, "third" factor.*

За останні кілька років у світі було сконструйовано багато апаратів для виконання підводних досліджень. Для виконання певних задач такі апарати розробляють як автономні. Для забезпечення автономності підводного апарата розробники створюють систему управління, алгоритм роботи якої враховує безліч факторів впливу зовнішнього середовища таких, як підводні течії, глибина занурення, присутність підводних об'єктів, температура води, тиск тощо. В ідеальному середовищі (штучно створені сталі умови) на апарат діють лише наперед відомі фактори впливу. При виконанні місій в реальних умовах на автономний підводний апарат (АПА) впливають також "треті" фактори (у водному середовищі "третіми" факторами можуть виступати: сміття, водорості, риба, яка зачепила апарат,

медузи тощо), які здебільшого неможливо передбачити при створенні алгоритму управління. Саме ці фактори можуть призводити до зменшення ефективності алгоритму, що визначається у збільшенні часу для виконання місії та більших затратах ресурсів.

Для ефективного використання ресурсів під час виконання місії автономний підводний апарат (АПА) керується системою управління, алгоритм дії якої адаптується відповідно до змін зовнішнього середовища. Так, у літературі [1-4] описано системи управління, алгоритми яких корегуються оператором або самостійно відповідно до змін в водному середовищі. У літературі [5] був описаний адаптивний алгоритм, як частина системи управління неприв'язним АПА, що оптимально виконує навігаційні задачі. При прокладенні маршруту використовуються навігаційні карти на основі отриманих даних про стан навколишнього середовища та апарата. Даний алгоритм враховує наперед невідомі фактори: дрейфові течії та потоки всередині водного середовища, що підвищує його ефективність. Проте даний алгоритм не передбачає впливу зазначених раніше "третьох" факторів, за дії яких необхідна корекція маршруту (обпливання водоростей чи повернення до початкового курсу).

В ідеальному середовищі, на яке не впливають "третьі" фактори, апарат допливає з т А в т Б за прогнозований час Т. Прогнозований час в даному випадку - це час, який алгоритм апарата за визначених умов зовнішнього середовища в контрольній точці розраховує для подолання відстані від цієї контрольної точки до точки призначення або наступної контрольної точки. Будемо вважати, що в нас ідеальне середовище до тих пір, поки апарат допливає з т А в т А1 на глибині Н1 за прогнозований час Т1. Якщо апарат подолав відстань А-А1 на глибині Н1 за час Т2, і $T2 \neq T1$, то був вплив "третього" фактору (зміни течії та дрейфові течії вже враховано, і вони не виступають "третьім" фактором). На основі отриманої апаратом інформації щодо появи "третього" фактору в залежності від часу та від глибини

занурення (Н) робиться корекція прогнозованого часу прибуття апарата з т Б в т Б1 і т. д. і визначається оптимальна* глибина занурення. Корекція прогнозованого часу робиться на основі останніх отриманих даних в контрольній точці з урахуванням інформації про наявність невідомого впливу. Так час на подолання відстані з контрольної точки до іншої може збільшуватись, якщо на попередньому відрізку шляху "третій" фактор спричинив затримку руху, або зменшуватись, якщо - пришвидшення руху.

Глибина занурення буде корегуватися, в залежності від впливу "третього" фактора. Так, якщо на глибині Н1 апарат пройшов визначену відстань за час T_2 , і $T_2 > T_1$, де T_1 - прогнозований час, то наступні маршрути будуватимуться з урахуванням цих даних, і глибина Н буде збільшуватися чи зменшуватися, відповідно до початково заданих параметрів місії; якщо ж $T_2 < T_1$, то глибина занурення $H = H_1$, і вважатиметься оптимальною*.

З урахуванням кількості заряду, що лишився, та прогнозованого часу на подолання відрізка АБ розраховується можливість виконання наступних місій, наприклад, шлях БВ або БГ.

Якщо апарат повинен подолати шлях АБ (див. рис.1, зображення отримано за допомогою програмної обробки з використанням зовнішнього ресурсу [5]), то з урахуванням наперед відомих факторів зовнішнього середовища, будується маршрут з т А в т Б, визначається швидкість, глибина занурення та курс апарата. За побудованим маршрутом формується вибірка даних у контрольних точках: реальний час t_1 , витрачений для подолання маршруту до контрольної точки А1 (маршрут А-А1), прогнозований час прибуття до цієї точки t_{11} , який був скорегований під час виконання маршруту апаратом, і прогнозований час прибуття до контрольної точки, визначений на початку маршруту T_1 (див. рис.2).

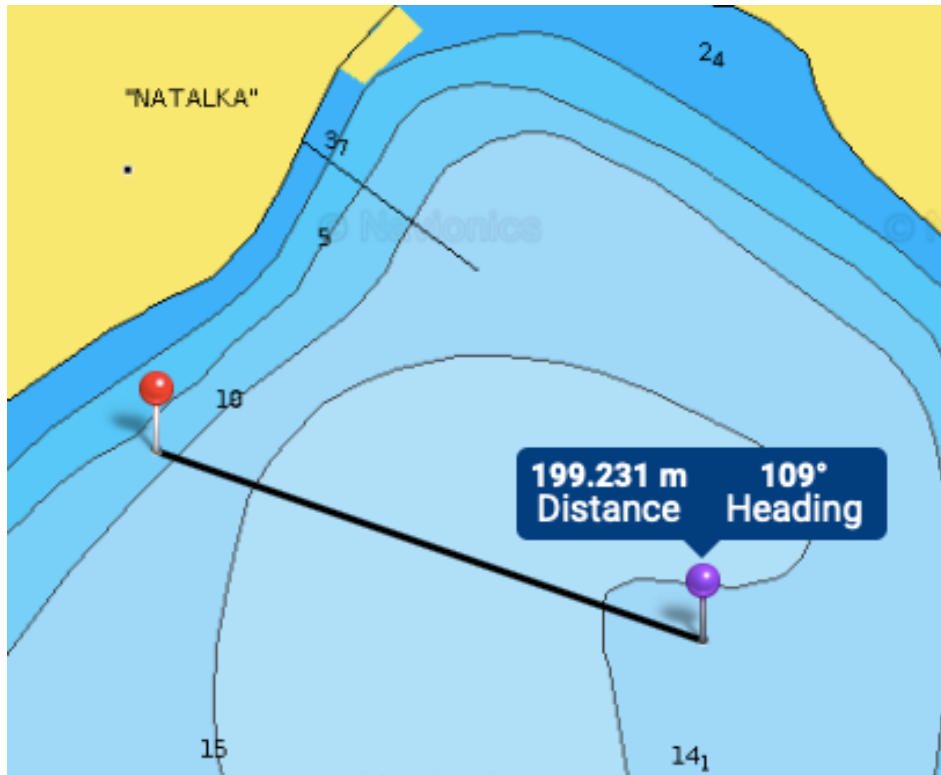


Рис. 1. Маршрут АБ на частині р. Дніпро (верхня частина заливу Оболонь, урочище “Наталка”). А1 - А8 - контрольні точки на маршруті

За основу для подальшої побудови нового маршруту і для обчислення прогнозованого часу прибуття беруться значення реального та прогнозованого часу, обчислені раніше. Як видно з рисунку (рис.2), в деяких точках часові значення співпадають. Надалі значення скорегованого прогнозованого часу в таких точках вважатимуться суттєвими і будуть враховуватися при прогнозуванні. Також на основі отриманої вибірки даних (рис.2) будується карта впливу “третього” фактора. Як видно з рисунку, прогнозований час прибуття ($T1$) з т А в т А1 набагато менший від реального часу прибуття ($t1$), що підтверджує вплив “третього” фактора. На відрізку А1А2 - навпаки реальний час прибуття ($t2$) набагато менший за прогнозований ($t22$). Так як $t2 \approx T2$ (прогнозований час без корегувань), це вказує на відсутність дії “третього” фактору на відрізку А1А2. Для виконання наступних місії будуть враховані відрізки маршруту між контрольними точками, де були зафіксовані “треті” фактори. Для цього

складається карта їхньої дії. На рис.3 наведено візуальну карту впливу “третього” фактору на основі вищенаведених даних.

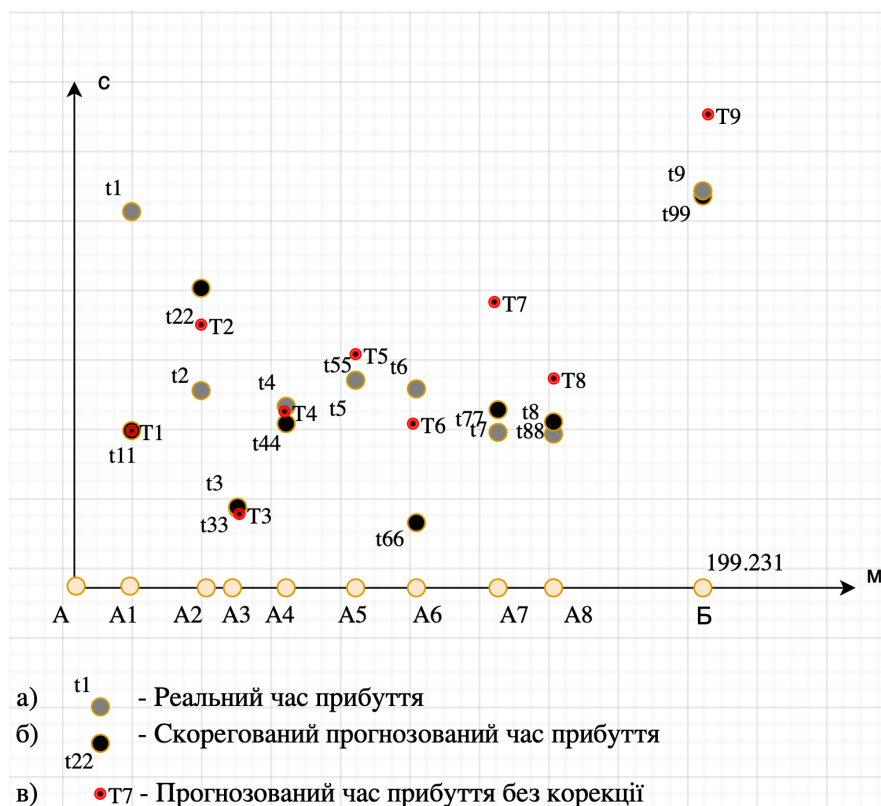


Рис. 2. Маршрут АБ на частині р. Дніпро (верхня частина заливу Оболонь, урочище “Наталка”) із зазначенням часових кривих: а) реальний час прибуття, б) скорегований прогнозований час прибуття, в) прогнозований час прибуття без корекції

Відрізками позначено частини маршруту, де було визначено наявність “третього” фактору: синій відрізок означає негативний вплив фактору (затримка у русі, зміна курсу тощо), зелений - позитивний (пришвидшення руху тощо) (рис.3). Актуальність даних такої карти тимчасова. Тому при її використанні для прокладання наступних маршрутів необхідно враховувати такі природні чинники як: характер течії, наявність дрейфових течій, рельєф дна (в розглянутому випадку - вигини русла річки) тощо, які можуть впливати на скупчення сміття, наявність водоростей чи риб і т. д., що і виступають “третім фактором”.

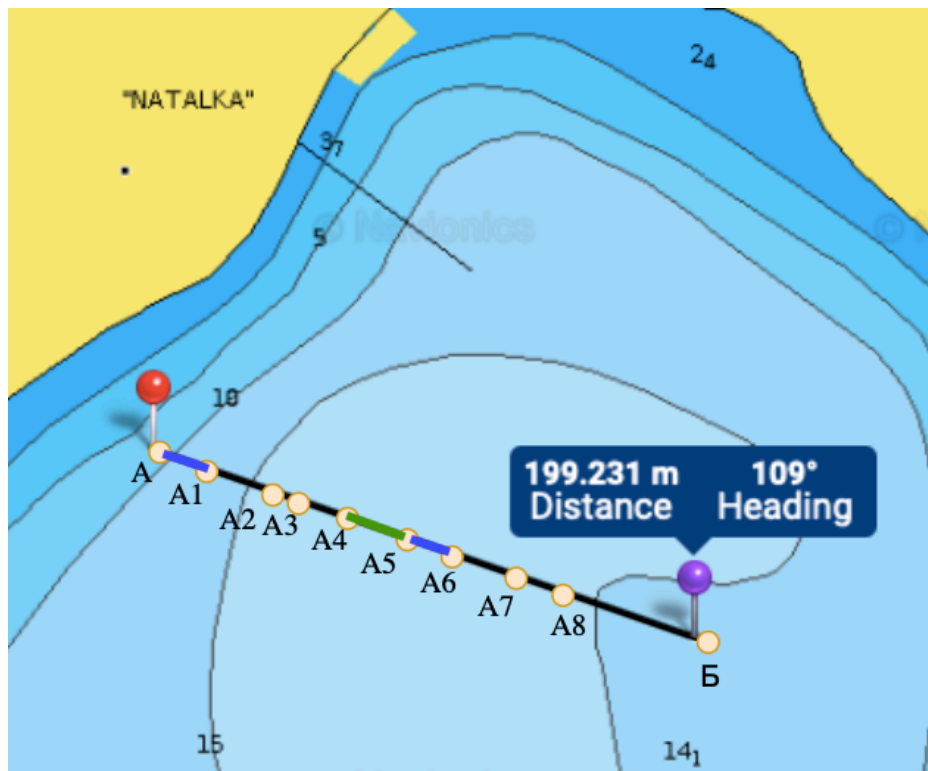


Рис. 3. Карта впливу “третього” фактору на частині р. Дніпро (верхня частина заливу Оболонь, урочище “Наталка”), маршрут АБ

Висновки. Запропонована система управління автономним підводним апаратом, яка об’єднує два алгоритми виконання місії в умовах невизначеності навколишнього середовища. По-перше, це створення навігаційних карт з урахуванням дрейфових течій та потоків всередині водного середовища, а по-друге, корекція маршруту з визначенням реального та прогнозованого часу позиціювання з початкової до кінцевої точки маршруту підводного апарату під час дії “третьох” факторів (сміття, водорості, риба, яка зачепила апарат, медузи тощо). Це дозволило не втрачати ефективність роботи системи управління.

Наведено приклад роботи системи на частині р. Дніпро (верхня частина заливу Оболонь, урочище “Наталка” м. Київ).

Література

1. Пшихопов В.Х., Сиротенко М.Ю., Гуренко Б.В. Структурная организация систем автоматического управления подводными аппаратами для априори неформализованных сред // Информационно-измерительные и управляющие системы. М.: Радиотехника. 2006. №1-3. Т4. С. 73-78.
2. Гуренко Б.В. Структурный синтез автопилотов для необитаемых подводных аппаратов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2011. №1.
3. Пшихопов В.Х., Федотов А.А., Медведев М.Ю., Медведева Т.Н., Гуренко Б.В., Задорожный В.А. Позиционно-траекторная система прямого адаптивного управления морскими подвижными объектами // Сборник материалов Девятой Всероссийской научно-практической конференции «Перспективные системы и задачи управления». Таганрог. Изд-во ЮФУ, 2014. С. 356-263.
4. Алгоритмы, реализуемые интегрированной системой управления АНПА / Л. А. Мартынова, А. И. Машошин, И. В. Пашкевич, А. И. Соколов // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2015. №1.
5. Danilenko N. Effective control by autonomous device with account for current / N. Danilenko, N. Repnikova // The scientific heritage. 2020. №44. PP. 48–53.
6. Navionics Chart Viewer. URL:
<https://webapp.navionics.com/?lang=en#boating@14&key=c%7BhsHokgyD>.