

IMPROVING THE SEARCH FOR FISH ACCUMULATIONS BY MEANS OF KINEMATIC DESIGN

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОШУКУ СКУПЧЕНЬ РИБИ ЗАСОБАМИ КІНЕМАТИЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

L.S Aftanaziv, DSc, professor, **L.I. Shevchuk**, DSc, professor, **O.I. Strohan**, PhD, senior lecturer, **L.R. Strutynska**, candidate, associate professor

Афтаназів І.С., д.т.н., професор, **Шевчук Л.І.**, д.т.н., професор, **Строган О.І.**, к.т.н., ст. викл **Струтинська Л.Р.**, к.е.н., доц.

National University «Lviv Polytechnic», Ukraine

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

ABSTRACT

The article deals with sea and river commercial fisheries. It describes a possible way to increase the efficiency of the movements of fishing vessels when they are looking for accumulations (school) of fish. The improvement of the search movements of ships is based on the use of means and methods of kinematic design, which is part of modern descriptive geometry. In kinematic design, all design components are in independent spatial displacements at different speeds. In this case, the created mathematical dependencies make it possible to determine the coordinates of the spatial displacements of the design object, which here is the wanted accumulation (school) of fish.

The basis of the proposed method for searching fish concentrations is the use of an additional search floating facility, such as a boat or motor boat. The fishing vessel and the auxiliary boat are equipped with search sonar equipment. A fishing vessel in the water area of the search area can drift or move at a slow speed along a given trajectory, and the search boat can accompany it and move around it along a circle of a certain radius, due to the range of the search equipment.

The aim of the study was to create a methodology for increasing the efficiency of the movement of fishing vessels in search of fish concentrations. Among the main objectives of the study was the development of mathematical dependencies for determining the coordinates of the identified fish aggregations and creating a methodology for an approximate estimate of the volume of fish in its identified aggregation.

The advantages of the proposed methodology for improving the search movements of fishing vessels are:

- reduction of fuel consumption for the movement of the vessel in the water area of the investigated fish search area;*
- levelling by the kinematic design of the negative impact of false sonar signals reflected from the bottom of the reservoir.*

Keywords: marine fishing, fish search, sonar, sketch geometry, kinematic design, search trajectory, mathematical dependence.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Багатовіковий досвід річкових та морських риболовецьких промислів переконливо та незаперечно засвідчив ту одвічну істину, що успішний вилов риби регламентується, перш за все, спроможністю вдалого пошуку місць її скупчень. Скупчень, які у морському промислі прийнято називати «косяками риби». Вже потім визначальними постануть досконалість риболовецького спорядження, метеорологічні умови на ділянках вилову, досконалість пошукової апаратури та інші важливі складові успішного вилову риби. Та все ж на першому і

найвідповідальнішому етапі промислового рибальства було, є і залишатиметься у майбутньому спроможність із мінімальними трудовими та часовими трудозатратами виявити скупчення риби, що за своєю наповненістю рибою відповідатимуть вимогам її промислового вилову. Бо як цілком слушно відзначено у російському вислові «Трудно искать чёрную кошку в тёмной комнате», яке було б доречно доповнити фразою «особливо, якщо її там немає!».

Саме усвідомлення цієї ситуації сприяло інтенсивному розвитку пошукової гідроакустичної апаратури, залученню літальних апаратів до пошуків скупчень риби, розробці хитромудрих галсів переміщень риболовецьких суден під час пошуків промислових скупчень риби тощо. І цей процес вдосконалення методів та методик пошуків промислових скупчень риби не тільки неперервний, а і безконечний. Особливо, якщо прийняти до уваги можливості його вдосконалення завдяки залученню сучасних засобів обробки інформації та швидкодіючих можливостей обчислювальної техніки.

Класичний спосіб пошуку риболовецькими суднами скупчень риби із використанням гідроакустичної апаратури [1] передбачає, переважно, захід судна на акваторію ділянки пошуку, вмикання пошукової апаратури, фіксацію нею завдяки відбитим акустичним зворотнім хвилям орієнтовного місця скупчення риби у водних глибинах та прийняття рішення командою корабля щодо обсягів виявленого скупчення риби та доцільності її вилову неводом чи іншим рибальським спорядженням. У випадку відсутності у досліджуваній риболовецьким судном акваторії скупчень риби або ж при прийнятті командою корабля рішення щодо недостатніх обсягів риби у виявлених її скупченнях, риболовецьке судно переходить на іншу ділянку промислу і всі вище окреслені дії повторюються в тій же послідовності. При цьому можливі варіанти пошуку риби або при фіксації судна на якорі (якщо це дозволяють глибини), або ж під час переміщень судна в режимі дрейфування чи сповільненого ходу. Розміри пошукової ділянки, у першому із цих випадків, обмежуються діаметром сфери ефективного для пошуку риби ультразвукового випромінювання гідроакустичної пошукової апаратури. У другому випадку це смуга, площа якої рівна добутку ширини зони пошуку, рівної діаметру сфери ультразвукового випромінювання, помноженої на довжину шляху дрейфуючого пошуку.

Певними недоліками такої схеми пошуку скупчень (косяків) риби є обмеженість площі ділянки ефективного пошуку риби діаметром ультразвукового випромінювання пошукової апаратури. При цьому перехід риболовецького судна із одної ділянки пошуку на іншу, що віддалена від попередньої лише на діаметр сфери ультразвукового випромінювання пошукової апаратури, неодмінно передбачає додаткові витрати на вартісне паливо для двигунів риболовецьких суден. Закономірно, що це підвищує енергозатрати на пошукові переміщення суден, нарощує собівартість виловленої риби.

Враховуючи ці недоліки класичного методу пошуку промислово придатних скупчень риби вдосконалення методів пошуку історично було спрямовано у трьох рівноправних і повноцінних напрямках. Перший передбачає вдосконалення технічних можливостей пошукової апаратури, другий – спрямований на вдосконалення траєкторій переміщень риболовецьких суден та супроводжуючих їх додаткових пошукових засобів, наприклад, літальних апаратів чи допоміжних кораблів або моторних човнів. Третій зосереджений на вдосконаленні методик обробки пошукової інформації з метою розширення обсягів пошукових площ. Ці напрями певною мірою взаємодоповнюють та пов'язані між собою, мають свої переваги та умови і особливості у застосуванні. Так сучасні пошукові гідролокатори дозволяють сягнути віддаленості пошуку в межах 3,5...4,0 км, а рибопошукові ехолоти – до 2,0 км. За допомогою сучасних гідролокаторів можна провадити одночасний круговий та секторний огляд підводних просторів, що суттєво полегшує пошук об'єктів промислу та розшифровування показів.

Поряд з тим, завдяки покращенню характеристик приладів пошуку риби, зменшенню їх розмірів та маси, використанню новітніх матеріалів та конструкцій, появилася можливість встановлення цих пошукових приладів не лише на великотонажних риболовецьких суднах, а і на рибальських шхунах та моторних катерах. Усе це створило сприятливі передумови для

суттєвого розширення площ ділянок ефективного пошуку скупчень риби як на морських просторах, так і на прісноводних великих водоймах.

Тому і набули розповсюдження способи пошуку скупчень риби гідроакустичними пристроями, що ґрунтуються на почерговому використанні пошукової апаратури безпосередньо риболовецького судна та додаткового допоміжного плавучого (ДПЗ) або літаючого (переважно гелікоптера) засобу, який теж оснащений гідроакустичною пошуковою апаратурою [2]. Прибувши на завчасно обрану ділянку вилову риби риболовецьке судно своєю гідроакустичною пошуковою апаратурою здійснює пошук скупчень риби. Виявивши скупчення риби команда риболовецького судна здійснює на підставі суб'єктивного попереднього досвіду оцінку скупчення риби і приймає рішення щодо доцільності її вилову. У випадку відсутності в акваторії розташування риболовецького судна достатнього для промислового вилову обсягів риби у її скупченні (косяку), споряджають пошуковою гідроакустичною апаратурою допоміжний літальний або плавучий засіб (ДПЗ) і відряджають його на зондування морських глибин у пошуку скупчень риби поза межами дослідженої риболовецьким судном ділянки. Напрями пошуку ДПЗ скупчень риби, віддаленість допоміжного пошукового засобу від риболовецького судна при цьому обирають спонтанно базуючись на природних орієнтирах, інтуїції та досвіді команди пошукового засобу. Виявивши перспективне скупчення риби ДПЗ інформує риболовецьке судно про координати цього скупчення, судно перепливає на вказану ділянку водного плеса і здійснює вилов риби. Переважно саме таку схему пошуку риби застосовували у минулому китобійні великогабаритні сейнери. Іноді при цьому використовувались і більш потужні пошукові літальні апарати, зокрема так звані «легкі» літаки.

Проте певним недоліком даної пошукової схеми є значні непродуктивні витрати часу на пошук скупчень риби. Адже допоміжні пошукові засоби, переважно, здійснюють ехолокацію хаотично. Тому імовірність того, що вдалими будуть саме перші пошукові виміри дуже мала. А впродовж усього пошукового періоду, який інколи може сягати і усієї світлової частини доби, риболовецьке судно повинно підтримувати свій «життєвий» цикл, витрачаючи енергію та паливо на підтримання життєдіяльності судна та його команди. То ж хоч в період пошуків ДПЗ скупчень риби риболовецьке судно переважно стоїть на якорі або дрейфує, витрати на підтримання його життєдіяльності неминучі.

Об'єктом даного дослідження є способи ефективного пошуку скупчень риби в процесах її промислового вилову в морських глибинах та із великих прісноводних водойм.

Предмет дослідження – методика визначення обсягів виявлених у водних просторах скупчень (косяків) риби та уточнення координат їх розташування.

Мета роботи - розробка методики підвищення ефективності переміщень риболовецьких суден в пошуках скупчень риби шляхом розширення акваторії їх пошукових ділянок.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження :

- розробка методики визначення координат просторового переміщення скупчень риби засобами кінематичного проектування;
- створення принципової схеми переміщень риболовецького судна і допоміжного плавучого засобу для збільшення площ ефективного пошуку скупчень риби;
- розробка методики визначення кількості риби у виявленому її скупченні;
- порівняльний аналіз запропонованої схеми переміщень риболовецького судна із типовими схемами переміщень в процесах пошуків скупчень риби.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – полягає у створенні принципово нової теоретично обґрунтованої методики пошуку координат скупчень риби в процесах її промислового вилову в морських глибинах та із великих прісноводних водойм, що ґрунтується на застосуванні засобів кінематичного проектування;

Практична значущість результатів дослідження вбачається у наступних перевагах їх використання та застосування. Перш за все, запропоновані методики пошуку координат скупчень риби та створені математичні залежності розрахунків цих координат дозволяють приблизно втричі розширити акваторію пошуку скупчення риби. У кінцевому це пропорційно

зменшить трудозатрати на пошукові роботи, а також затрати палива на переходи риболовецького судна із одної пошукової ділянки на іншу. Поряд із підвищенням ефективності пошуків скупчень риби засоби кінематичного проектування дозволяють наближено оцінити габаритні розміри виявленого скупчення риби і полегшити команді корабля прийняття рішення щодо доцільності промислового вилову риби саме із цього її скупчення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Кожен із вище окреслених напрямів вдосконалення шляхів методів та методик пошуків скупчень риби розвиваються та вдосконалюються як незалежно один від іншого, так у нерозривному їх взаємозв'язку. Зокрема сучасні досягнення науки та техніки в галузі зв'язку та телеметрії, будучи застосованими для пошуку риби та контролю заповнення нею кошолових тралів, суттєво підвищили ефективність вилову риби [3,4]. Аналогічно позитивно вплинуло на результати вилову донної риби вдосконалення конструкцій пошукових випромінюючих антен [5,6]. Базуючись на створених ще у кінці минулого століття методиках формування пошукових галсів риболовецьких суден [1], здійснюються спроби вдосконалити траєкторії переміщень як безпосередньо самих суден, так і їх пошукових засобів [7].

Усі ці намагання та спроби підвищити ефективність пошукових заходів певною мірою обумовлені і зменшенням кількості риби у водних просторах. Вдосконалення засобів лову риби та технічної оснащеності суден пошуковою апаратурою, зміна течій та погодних умов, що обумовлена утворенням «парникового ефекту», привели до зменшення кількості риби, а відповідно і до пропорційних цьому нарощувань трудозатрат на її пошуки в морських глибинах. Тому не втрачають своєї актуальності наукові пошуки в руслі вдосконалення існуючих та створення новітніх більш досконалих методів пошуку скупчень риби. Методів, що могли б базуватись не тільки на можливостях пошукової апаратури, а і на застосуванні математичного апарату та практично невичерпних спроможностей сучасної обчислювальної техніки.

Певні перспективи у цьому контексті спостерігаються в спроможності долучити до пошукових методів визначення координат косяків риби методик сучасної нарисної геометрії, а саме її складової, що відома під назвою «кінематичне проектування» [8,9]. Під «кінематичним проектуванням (відображенням)» розуміють проектування, при якому всі його складові елементи, а саме центр проектування, фокальні фігури проектуючих комплексів та конгруенцій, об'єкти проектування (прообрази) та носій проекцій («картинна площина») можуть здійснювати взаємозалежні просторові переміщення у просторі і часі.

Вагомий внесок у становлення та розвиток кінематичного проектування привнесене науковцями НУ «Львівська політехніка» В.М. Глаговським та І.Г. Пулькевич. У їх роботах [4,5] вперше було запропоновано використання розроблених ними лінійних операторів для грамографічних, ротографічних та спінографічних відображень рухомих об'єктів простору.

Поряд із створенням алгоритмів рішень прямої задачі кінематичного проектування для пошуку проекцій траєкторій просторових переміщень об'єктів авторами [3] було розроблено і ґрунтовно досліджено також і алгоритми рішень оберненої задачі. Обернена задача передбачає пошук за відомою траєкторією руху координат просторового розташування об'єкта.

Матеріали та методи дослідження

Найбільш яскравим прикладом успішного використання кінематичного проектування для відслідковування траєкторій та координат просторових переміщень рухомих об'єктів є успішні дослідження геометрів НУ «ЛП» по визначенню координат безпілотних літальних апаратів (БПЛА) [11,12]. У результаті цих досліджень створена теоретична база математичного апарату розрахунку засобами кінематичного проектування координат та траєкторій просторових переміщень ворожих диверсійно-розвідувальних БПЛА.

Експериментальна перевірка підтвердила високу ефективність та точність визначення просторових координат рухомих об'єктів засобами кінематичного проектування.

Саме це, а також усвідомлення актуальності та доцільності залучення до пошуків скупчень риби у морських глибинах сучасного математичного апарату та останніх досягнень нарисної геометрії, і було покладено в основу даного дослідження.

У процесі проведення теоретико-експериментальних досліджень застосовувались методи та методики фізичного і математичного моделювання швидкоплинних процесів та математичної статистики аналізу і класифікації їх результатів. Основою експериментального дослідження були положення теорії відображення координат та траєкторій просторових переміщень рухомих об'єктів засобами нарисної геометрії при поєднанні класичного ортогонального проектування із динамічними особливостями кінематичного проектування. Для об'єктивної оцінки результатів теоретико-експериментального дослідження динаміки рухомих у просторі об'єктів застосовували класичну теорію планування досліджень із математичним апаратом опрацювання їх результатів. Графічні моделі фіксації координат скупчень риби здійснено із застосуванням обчислювальної техніки та програмного продукту графічного редактора AutoCAD.

Виклад матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Специфічні особливості застосування засобів кінематичного проектування для підвищення ефективності пошуків скупчень риби у морських глибинах та принципову пошукову схему, що відображає суть застосування засобів кінематичного проектування, відображено на рис. 1 - 4.

При застосуванні засобів кінематичного проектування риболовецьке судно 1 (рис.1) та допоміжний плавучий засіб (ДПЗ) 2, розташовують на віддалі a один від іншого. Обидва плавучі засоби 1 та 2 при цьому можуть бути зафіксованими на якорі або знаходиться у стані повільного дрейфування чи паралельного однонаправленого переміщення із незначною швидкістю. За командою обидва плавучі засоби одночасно занурюють у воду антени гідроакустичних випромінювачів чи ехолотів 3 та 4 і здійснюють ехолокацію морських глибин у пошуках скупчень риби 5. При цьому віддаль a між плавучим засобом 2 та риболовецьким судном 1 обирають із залежності

$$a = R + 0,5r,$$

де R – радіус півсфери ефективної пошукової дії гідроакустичної апаратури риболовецького судна;

r – радіус півсфери ефективного пошуку гідроакустичної апаратури ДПЗ.

При виявленні одним із плавучих засобів 1 та 2 скупчення риби 5 інформацію про орієнтовні координати його розташування повідомляють на командний пункт (на рис. не відображено) риболовецького судна 1. Спеціальною обчислювальною програмою вмикають алгоритм послідовності уточнення координат скупчення риби засобами кінематичного проектування. Класичний термін «кінематичне проектування» передбачає можливість проектування, у якому всі або окремі його складові, а саме центр проектування, об'єкти проектування та носії проекцій («картинна» площина) можуть здійснювати взаємозалежні просторові переміщення у просторі та часі.

При пошуках скупчень риби із використанням кінематичного проектування розрахунковою програмою передбачено виконання наступних етапів. На першому етапі у точці A , що символізує закінчення гідроакустичної пошукової випромінюючої антени риболовецького судна 1, умовно облаштовують тривимірну ортогональну систему координат.

Вісь x цієї системи координат має початок у точці A і спрямована в напрямку точки B , що символізує місце та координати облаштування другої гідроакустичної випромінюючої антени допоміжного плавучого засобу 2. Вісь « z » бере початок в точці A , перпендикулярна осі

x і спрямована вниз у морські глибини. Вісь « y » теж започатковується в точці A і перпендикулярна осям « x » та « z ». Спрямовані по поверхні водойми осі « x » та « y », як дві взаємно перпендикулярні прямі, утворюють так звану «базову» площину α . На віддалі a від точок A та B у площині $\alpha(x;y)$ задають допоміжну точку C (на рис. не відображено). Задавши глибину H , що перевищує в 1,2-1,5 рази орієнтовну глибину вилову риби, на перпендикулярах до базової площини α в точках A, B та C встановлюють точки M, N та P . Ці три точки M, N та P задають у просторі «картинну» площину $\beta(N;M;P)$, яка паралельна базовій площині $\alpha(A;B;C)$ і віддалена від неї в напрямку морських глибин на віддаль H , тобто $H=AM=CN=BP$; $\alpha(ABC) // \beta(MNP)$ (рис.1). Розташування «картинної» площини β є уявним і необхідним лише для розрахунків координат. Тому ця «картинна» площина може бути заданою як у товщі води, так і навіть в глибинах морського дна чи дна водойми. Це усуває небезпеку впливу на точність розрахунків координат при кінематичному проектуванні відбитих від дна водойми хибних сигналів ехолотаторів. Це є суттєвою перевагою застосування для пошуку скупчень риби засобів кінематичного проектування.

На другому етапі, увімкнувши одночасно гідроакустичні пошукові системи риболовецького судна 1 та допоміжного плавучого засобу 2, спрямовують в очікуваному напрямку розташування скупчення риби акустичні хвилі (рис. 1). На моніторах пошукових систем фіксують напрям (азимут) проектуючих променів, що проходять від кожної гідроакустичної пошукової системи через точку просторового розташування скупчення риби,

та кути їх нахилу до базової площини α , тобто $\gamma = p_1 \wedge \alpha$ та $\sigma = p_2 \wedge \alpha$ (на рис.1 не відображено). Крім того для повноцінної координатної прив'язки проектуючих променів до запровадженої системи координат для кожного із проектуючих променів p_1 та p_2 визначають і кут його нахилу до лінії a , що з'єднує між собою риболовецьке судно 1 та ДПЗ. Тобто

$$\delta = p_1 \wedge AB, \varphi = p_2 \wedge AB \text{ (рис. 1).}$$

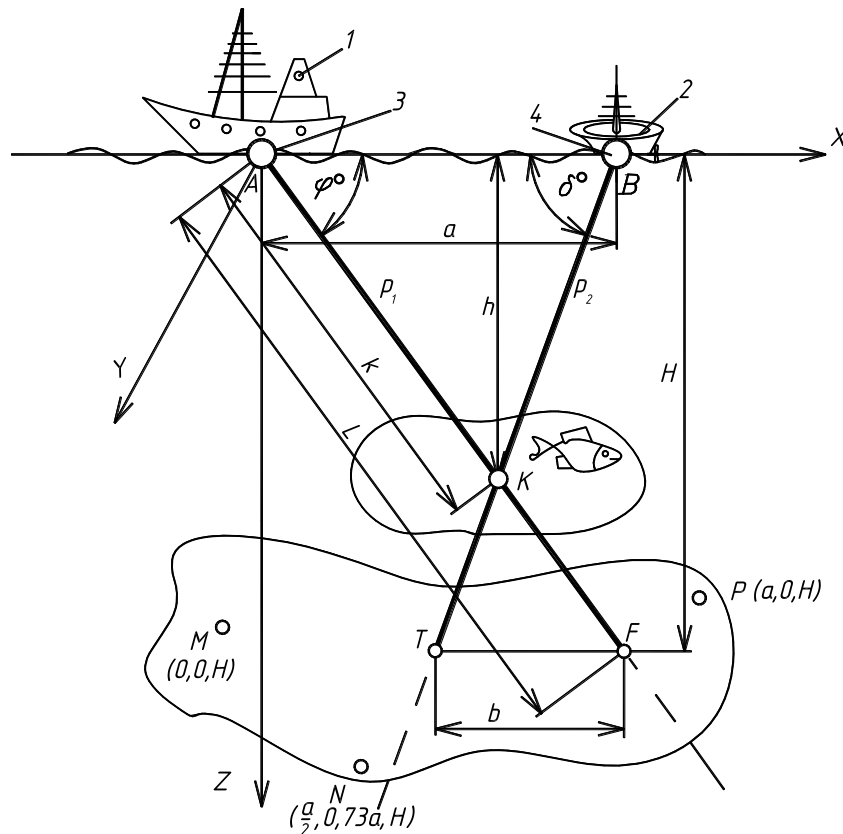


Рис.1. Принципова схема використання кінематичного проектування для пошуку скупчень риби

За координатами точок розташування пошукових антен та кутами γ, σ, δ та φ нахилу проєктуючих променів до базової площини α та лінії a , що з'єднує обидві пошукові системи, на комп'ютері командного пункту відображають обидва проєктуючі промені p_1 та p_2 . Програмним забезпеченням зводять проєктуючі промені до взаємного їх перетину в центральній частині виявленого скупчення риби (точка K на рис.1). Зведені до перетину між собою проєктуючі промені p_1 та p_2 формують площину $\gamma(p_1; p_2)$, яка перетинає базову α та «картинну» β площини по двох паралельних між собою лініях a та b .

На третьому етапі комп'ютерна програма прораховує координати точок $F = p_2 \cap \beta$ та $T = p_1 \cap \beta$ перетину проєктуючих променів p_1 і p_2 із картинною площиною β . А також визначає віддаль b між точками перетину проєктуючих променів із «картинною» площиною β , тобто $b = |FT|$.

Точку перетину проєктуючого променя із «картинною» площиною β шукають аналітичними методами. При аналітичному методі пошуку точки перетину задають аналітичне рівняння проєктуючого променя як рівняння прямої лінії, що проходить через відому точку (A або B) із заданими координатами під відомим кутом нахилу до «базової» площини α , та аналітичне рівняння «картинної» площини β , що проходить через три точки M, N та P із відомими координатами. Точкою перетину прямої із площиною у цьому випадку буде шукана точка, координати якої одночасно задовольняють і рівняння прямої, і рівняння площини.

На четвертому етапі із двох подібних трикутників ΔABK та ΔFTK , утворених пересіченими променями, вираховують координати їх спільної вершини точки K . Це точка K , у якій на даний момент часу розміщене шукане скупчення риби (рис. 1). Із розв'язків вказаних трикутників визначають два вагомні для успішного вилову риби параметри, а саме глибину розміщення скупчення риби h та віддаленість k цього скупчення від риболовецького судна. Для цього використовують математичні залежності

$$k = h\sqrt{1 + (\text{Ctg}\varphi)^2}; \quad h = H\left(1 - \frac{b}{a+b}\right),$$

де k – віддаль від риболовецького судна до виявленого скупчення риби;

h – глибина розташування скупчення риби відносно поверхні водного плеса;

H – віддаль від поверхні водного плеса до «картинної» площини;

a – віддаль між риболовецьким судном та ДПЗ;

b – віддаль між точками перетину проєктуючих променів (азимутів) гідроакустичних пристроїв із «картинною» площиною;

φ – кут нахилу проєктуючого променя (азимуту) гідроакустичного пристрою до лінії a .

На рис. 2 схематично відображено пошук скупчень риби із використанням засобів кінематичного проектування. Для реалізації цієї схеми пошуку використовують два незалежні плавучі засоби, наприклад, безпосередньо рибальське судно та допоміжний плавучий засіб (ДПЗ), кожен із яких оснащений пошуковою гідролокаційною апаратурою.

У якості допоміжного пошукового плавучого засобу тут може використовуватися, наприклад, потужний моторизований човен чи катер, що спроможний протистояти вітровому навантаженню та обумовленому ним хвильовому збуренню морської поверхні. Сприйнятим є і варіант, у якому в якості ДПЗ використовуватимуть ще одне рибальське судно.

У процесі пошуку скупчень риби в акваторії пошуку основне рибальське судно фіксують на якорі або підтримують в режимі дрейфування чи повільного переміщення. На віддалі $R_2 = 1,25R$ від рибальського судна 1 розташовують допоміжний пошуковий засіб (ДПЗ) 2, де R – радіус півсфери ефективного гідролокаційного пошуку скупчень риби, забезпечуваний апаратурою 3 риболовецького судна. ДПЗ оснащений комплексом власної пошукової гідролокаційної апаратури із радіусом півсфери її ефективного пошуку – r .

Одночасно вмикають на риболовецькому судні та ДПЗ пошукову гідроакустичну апаратуру та оснащене відповідним програмним забезпеченням обчислювальне обладнання на командному пункті риболовецького судна. ДПЗ надають переміщення по круговій траєкторії із радіусом R_2 навколо риболовецького судна 1. Випромінюючі хвилі пошукові антени при цьому спрямовують у товщу води пошукові сигнали по сферичній поверхні із центром в точці облаштування випромінюючих антен 3 та 4 та радіусами розповсюдження пошукового випромінювання відповідно R та r .

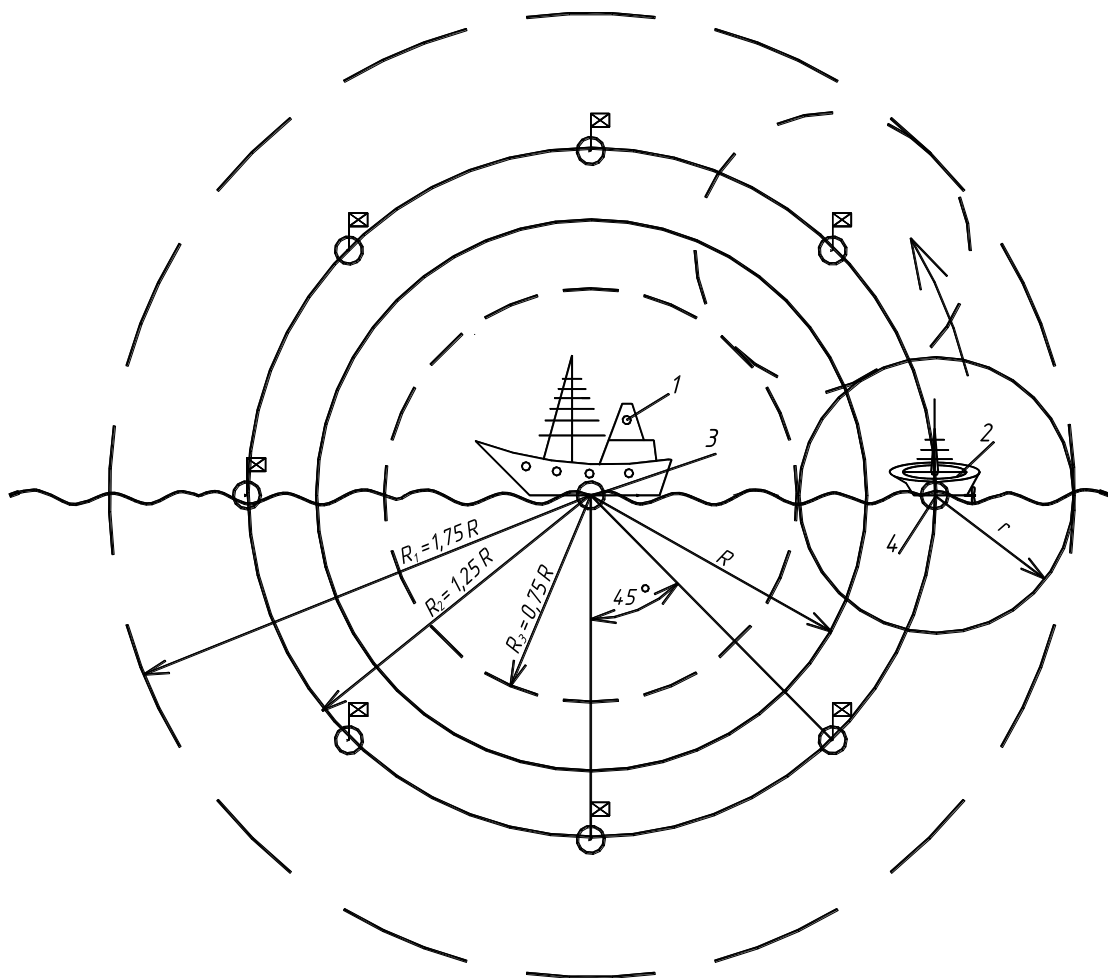


Рис.2 Схема пошуку скупчень риби із застосуванням допоміжного пошукового плавучого засобу (ДПЗ)

У випадку фіксації пошуковою апаратурою риболовецького судна 1 чи ДПЗ 2 скупчення риби вмикають систему реалізації кінематичного проектування. За даними азимутів гідроакустичної пошукової апаратури налаштовують проектуючі промені кінематичного проектування і визначають точні координати скупчення риби. За потреби обривають проектуючими променями габарити виявленого скупчення риби і на підставі цих даних

приймають рішення щодо доцільності вилову риби із даного її скупчення. Пошукова апаратура на ДПЗ, при цьому, може здійснювати пошук невинно впродовж переміщень плавучого засобу або ж вмикатися періодично через пройдені віддалі, що рівні діаметру сфери його гідроакустичного пошуку $l = D = 2r$.

Відображене на рис.2 розташування та переміщення риболовецького судна 1 та ДПЗ 2 дозволяє у процесі одного циклу пошуку охопити площу, що рівна площі круга радіусом $R_3 = 1,75R$. Це значення одержано із врахуванням, що радіус півсфери ефективного пошуку ДПЗ вдвічі менший аналогічного радіусу пошукової сфери судна, тобто $r = \frac{R}{2}$, та радіус R_2 кола, по якому ДПЗ обходить риболовецьке судно, становить $R_2 = 1,25R$. Тоді загальний радіус кола пошуку скупчення риби становить $R_3 = 1,75R$.

По завершенню повного замкнутого кола обходу ДПЗ навколо риболовецького судна 1 судно переходить на нову ділянку акваторії пошуку риби і все повторюється у вище описаній послідовності.

Завдяки використанню додаткового пошукового засобу, наприклад моторного човна, двигун якого значно менше споживає палива порівняно із двигуном риболовецького судна, використання засобів кінематичного проектування дозволяє у 1,3 рази зменшити витрати палива на пошукові роботи. Наприклад, у порівнянні з методом пошуку при переміщеннях судна під час пошуку скупчень риби по архімедовій спіралі по методу В.М.Мельникова [1].

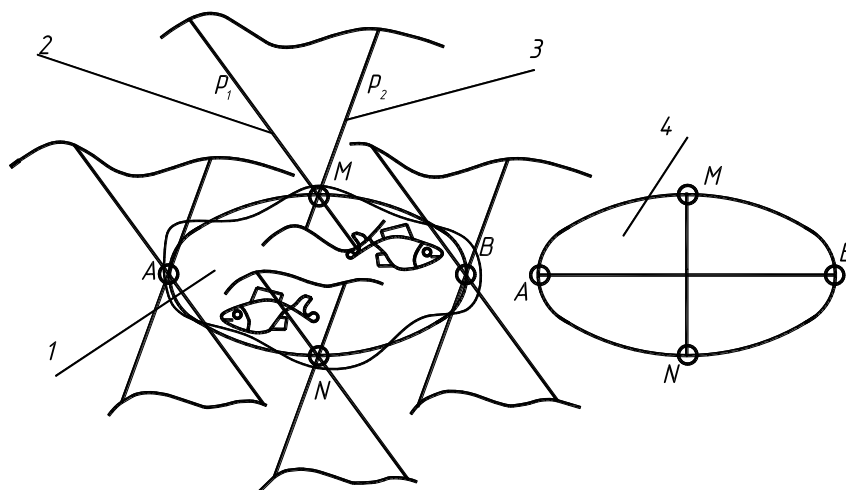


Рис.3 Схема наближеного визначення кількості риби у її скупченні засобами кінематичного проектування

На рис.3 відображена схема застосування кінематичного проектування для наближеної оцінки кількості риби у виявлених її скупченнях. Виявивши скупчення риби 1 зосереджують проектуючі промені 2 та 3 кінематичного проектування по чергово на точках А і В (велика вісь еліпсоїда) та точках С і Д (мала вісь еліпсоїда) і визначають чисельні координати цих точок. За координатами характерних точок еліпсоїда 4 розраховують його велику та малу осі і визначають об'єм уявного еліпсоїда обертання, який начебто охоплює своєю поверхнею виявлене скупчення риби. Приймавши притаманну для даного різновиду риби її густину у скупченні та володіючи розрахованим значенням об'єму охоплюючого скупчення риби еліпсоїда обертання, наближено вираховують кількість риби у скупченні.

У якості прикладу реалізації даного способу пошуку скупчень риби засобами кінематичного проектування та для оцінки ефективності розглянемо його порівняння із

широко вживаним у морському рибальському промислі способом пошуку скупчень риби за методом В.М.Мельникова [1 (рис.45,а стор.108)]. На рис.4а,б відображені пошукові схеми переміщень рибальських човнів при гідроакустичному пошуку скупчень риби. На рис. 4,а відображена схема пошуку скупчень риби за найрозповсюдженішим методом В.М.Мельникова. Цей метод передбачає початкове розташування рибальського судна 1 у центрі акваторії досліджуваної ділянки. У процесі пошуку рибальське судно тут переміщається по спіралі Архімеда 2, віддаль між витками якої рівна діаметру пошукової півсфери ефективного для пошуку риби гідроакустичного випромінювання.

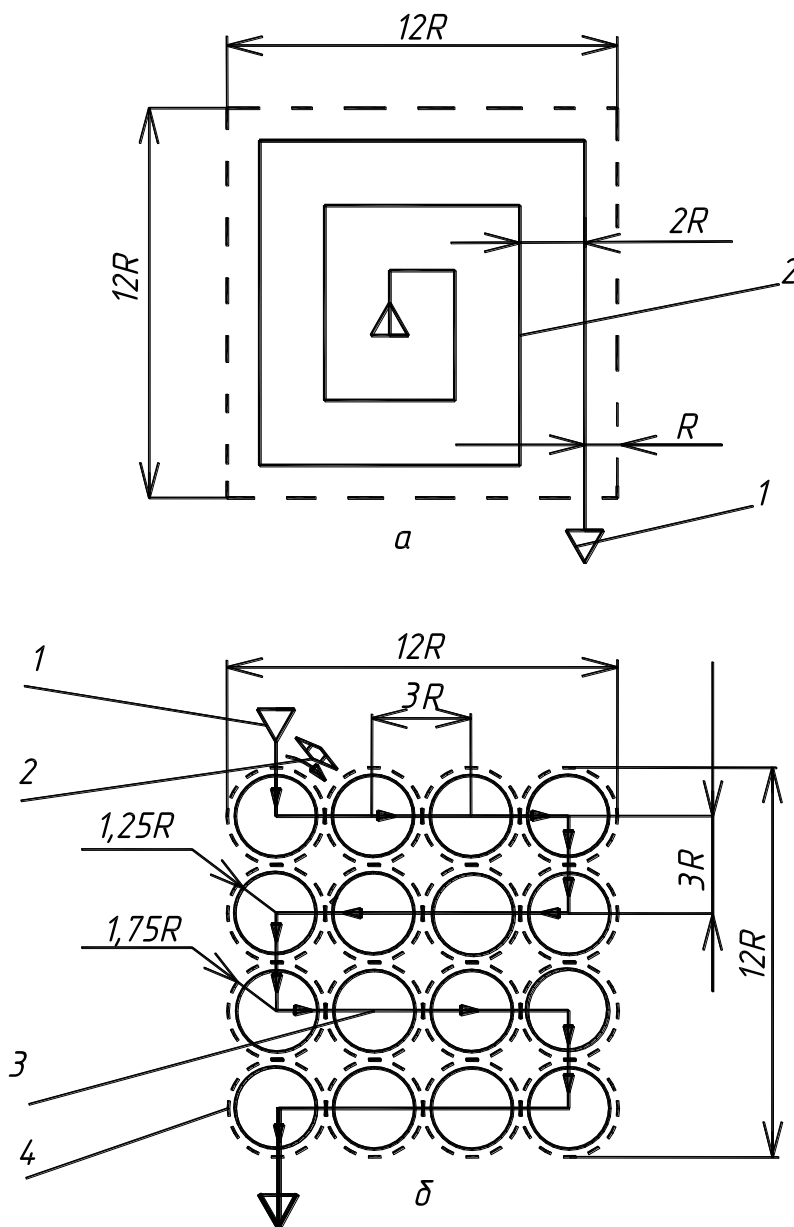


Рис.4. Схеми пошуку скупчень риби:

a - за методом В.М.Мельникова [1] при переміщенні судна по спіралі Архімеда;

б – при використанні допоміжного плавучого пошукового засобу.

На рис.4,б відображені переміщення рибальського судна 1 та допоміжного пошукового засобу 2 у запропонованому способі пошуку скупчень риби із застосуванням кінематичного проектування. Тут рибальське судно 1 переміщається по ламаній лінії 3 між центрами кругових ділянок пошуку риби, а ДПЗ описує кругові траєкторії 4 навколо рибальського судна.

У порівняльній таблиці 1 наведено розрахункові дані для оцінки сумарних витрат дизельного палива на пошук скупчень риби риболовецькими суднами у відповідності їх переміщенням згідно способу В. М. Мельникова та способу із застосуванням кінематичного проектування. Для спрощення порівняльних розрахунків за основу прийнята однакова для обох способів площа пошукових ділянок, однакова величина радіуса півсфери гідроакустичного випромінювання, рівна $R=100\text{м}$, однакові витрати палива $q_{p.c.}=10\text{л/км}$ для двигунів риболовецьких суден.

Таблиця 1. Витрати палива у порівнюваних способах пошуку скупчень риби

№ з/п	Показники	Одиниці вимірювання	Позначення і математична залежність для визначення	Способи пошуку скупчень риби					
				Спосіб В.М.Мельникова (фіг.4,а)	Спосіб із кінематичним проектуванням (фіг. 4,б)				
1	Площа акваторії пошуку	км ²	S	1,44	1,44				
2	Пройдений шлях:	км		7,1	4,32				
	а) рибальським судном:								
	1) за один етап;					км	$l_{c.1}$	-	0,3
	2) кількість етапів;					-	$N = \frac{S_1}{S_i}$	-	14,4
	3) за весь період пошуку					км	$L_{p.c} = l_{c.1} \cdot N$	7,1	4,32
	б) допоміжним плавучим засобом:								
	1) за один етап;					км	$l_{\text{ч}} = 2\pi R_2$		0,8
	2) кількість етапів;					-			14,4
3) загальний пройдений шлях	км	$l = l_{\text{ч}} \cdot N$		11,5					
	Всього:	км	$L - L_{p.c} + l$	7,1	4,32+11,5=15,82				
3	Розхід палива на пошук риби:	л/км 10 л/км	$Q = L \cdot g_{p.c}$	7,1·10=71	4,32·10=43,2				
	а) рибальського судна								
	б) ДПЗ	1 л/км				$Q_{\text{ч}} = l \cdot g_{\text{ч}}$		11,5·1=11,5	
	Всього:	л		71	43,2+11,5=54,7				

Для допоміжного пошукового засобу, у якості якого розглядається моторний човен, умовно прийнята величина розходу палива $q_{\text{ч}}=1\text{л/км}$.

Порівняльний аналіз способу пошуку скупчень риби В.М.Мельникова, що передбачає переміщення рибальського судна по спіралі Архімеда, із запропонованим способом із застосуванням кінематичного проектування відображає, що у випадку використання кінематичного проектування сумарний розхід палива для роботи двигунів плавучих засобів зменшується приблизно на 30%.

Підводячи підсумок можна відзначити, що основними перевагами застосування кінематичного проектування для пошуків скупчень риби є:

- зменшення витрат палива та трудозатрат на просторіві переміщення риболовецьких суден у пошуках риби;
- можливість застосування засобів кінематичного проектування для наближеної оцінки кількості риби у виявленому її скупченні;
- усунення негативного впливу відбитих від поверхні дна водойми хибних пошукових сигналів гідролокаторів.

Обговорення результатів дослідження та перспектив його промислового застосування

Звичайно запровадження засобів кінематичного проектування до морського промислового риболовства буде пов'язане із певними додатковими витратами. Так знадобиться оснащений гідроакустичною пошуковою апаратурою допоміжний пошуковий плавучий засіб, наприклад, катер. Ще буде потрібна додаткова комп'ютерна обчислювальна техніка із відповідним програмним забезпеченням, надійні засоби раїдозв'язку між риболовецьким судном та пошуковим катером тощо. Однак використання запропонованої методики пошуку скупчень риби засобами кінематичного проектування дозволить приблизно втричі розширити акваторію пошуку скупчення риби. У кінцевому це пропорційно зменшить трудозатрати на пошукові роботи, а також затрати палива на переходи риболовецького судна із одної пошукової ділянки на іншу. До того ж, поряд із підвищенням ефективності пошуків скупчень риби засоби кінематичного проектування дозволяють наближено оцінити габаритні розміри виявленого скупчення риби і полегшити команді корабля прийняття рішення щодо доцільності промислового вилову риби саме із цього її скупчення.

Якщо врахувати, що застосування кінематичного проектування на третину зменшує витрати палива, а отже пропорційно на третину збільшує площі пошукових ділянок та, відповідно, і пропорційно вилов риби, то можна сподіватись, що витрати на його запровадження доволі швидко окупляться.

Для прикладу розглянемо сферу морського промислового риболовства. За нашими наближеними підрахунками для належного оснащення риболовецького судна засобами кінематичного проектування витрати на придбання допоміжного пошукового плавучого засобу, наприклад, оснащеного гідроакустичною пошуковою апаратурою катера, комп'ютерної обчислювальної техніки із відповідним програмним забезпеченням тощо, становитимуть приблизно 2млн.грн. Тут для наближеного підрахунку можна прийняти, що на подолання 1км великотоннажним риболовецьким судном витрачається приблизно 100л дизельного палива вартістю біля 30грн/л. Правомірно передбачити, що застосування методу кінематичного проектування для пошуку скупчень риби тут зменшить орієнтовно на 10км пройдених судном відстані для кожного із виходів на промисел.

Тоді економії палива на кожному із промислових виходів риболовецького судна у море становитиме 1000 літрів, або у грошовому еквіваленті $1000\text{л} \cdot 30\text{грн/л} = 3 \cdot 10^4\text{грн}$. Відповідно тоді витрати на запровадження для даного судна засобів кінематичного проектування будуть відшкодовані за $2 \cdot 10^6 : 3 \cdot 10^4 = 67$ раз, тобто орієнтовно за 65--70 промислових виходів у море. А це приблизно від 1 до 1,5 років активної експлуатації риболовецького судна. І при цьому тут не враховані кошти від можливого збільшення обсягів вилову риби за рахунок збільшення площ ділянок її пошуку.

Звичайно, Україна не належить до кагорти розвинутих «морських» держав на зразок Японії, Швеції чи Норвегії, де вилов риби приносить відчутну частку в загальний валовий продукт держави. Проте використання засобів кінематичного проектування може дозволити суттєво інтенсифікувати вилов нею риби із Азовського та Чорного морів. Окрім того, завдяки нівелюванню негативного впливу відбитих від поверхні дна водойми хибних пошукових сигналів гідролокаторів, даний метод дозволяє суттєво інтенсифікувати вилов риби із порівняно неглибоких прісноводних водойм України в Дністерському та Дніпровському водних басейнах.

Зрозуміло, що вище викладений матеріал нашого теоретичного дослідження вимагає ґрунтовної експериментальної перевірки. До того ж перевірки не в лабораторних стінах, а в умовах повноцінних натурних випробувань. Самотужки авторам даного теоретичного дослідження це здійснити не вдасться. Тому закликаємо до співпраці усіх зацікавлених осіб та організацій і установ.

Висновки і перспектива подальшої роботи по даному напрямку

1. Аналіз сучасних методів пошуку скупчень (косяків) риби у морському промислі та використаної для цього апаратури відображає потребу теоретичного обґрунтування методик пошуку з метою зменшення трудозатрат на пошукові переміщення риболовецьких суден.
2. Застосування для пошуків скупчень риби засобів кінематичного проектування дозволить приблизно на третину зменшити пошукові переміщення риболовецького судна, а відповідно і пропорційні цьому витрати палива. При цьому не тільки усувається небезпека спотворення пошукової інформації хибними відбитими від дна водойми сигналами, а і збільшується на 25÷30% площа акваторії пошуку навколо риболовецького судна.
3. Додаткові витрати на запровадження для пошукових переміщень риболовецького судна засобів кінематичного проектування включають оснащення його допоміжним пошуковим плавучим засобом із блоком самостійної пошукової гідроакустичної апаратури та встановлення на риболовецькому судні обчислювальної техніки із належним їй програмним забезпеченням. Термін окупності цього устаткування знаходиться в межах 1-1,5 року його активної експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Юдович Ю.Б. Промысловая разведка рыбы. М.: Пищевая промышленность. 1974 – с. 238.
2. Тикун А.И. Рыбопоисковые приборы и комплексы: Учебник. - Л.: Судостроение, 1989. 288 с: ил.
3. Кудрявцев В. И. Развитие средств гидроакустической телеметрии и телеуправления в рыбохозяйственной отрасли. Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ) 154 Труды ВНИРО.2018. Т. 170. С. 153–183.
4. Кудрявцев В.И. Гидроакустика рыбохозяйственная. Учебное пособие. М.: Изд-во ВНИРО, 2018. С.460.
5. Павлов Г.И. Промысловые гидроакустические приборы /Г.И. Павлов. М.: - Агропромиздат, 2017. – С. 286.
6. Давыдов В.С. Методы повышения дальности распознавания рыбных скоплений на фоне донных отражений / В.С. Давыдов, Т.Т. Нгуен, М.Ю. Хренов // «Радиоэлектроника известия высших учебных заведений России» Выпуск 1 – 2004, С.17-26.
7. Букатый В.М. Поиск объектов промысла. – Калининград, 2000. С. 208.
8. Пулькевич І.Г. Лінійні оператори кінематичних проєкційних відображень // Пр. Львів. Між нар. наук- метод. конф. з геометричного моделювання, інж. та комп. граф. –Л., 1994, С.35.
9. Калиновська О.П. Локаційні задачі кінематичних проєкційних відображень / О.П. Калиновська, В.В. Глоговський, І.Г. Пулькевич. // Пр. Льв. Між нар. наук. - метод. конф. з геометричного моделювання, інж. та комп. граф. –Л., 1994. С. 37.
10. Калиновская О.П. К проблеме единой теории проекционных отображений / О.П. Калиновская, В.В. Глоговский, И.Г. Пулькевич // Прикл. геом. и инж. граф. – Вып. 57 – 1994, С. 45-50.
11. Свідрак І.Г. Кінематичне проєціювання як засіб управління технікою в автоматизованих землеробних комплексах / Свідрак І. Г., Шевчук Л. І., Строган О. І., Струтинська Л. Р., Строган І. В. // Науковий вісник НЛТУ України : збірник науково-технічних праць. – 2021. – Т. 31, № 5. – С. 102–107.

12. Свідрак І.Г. Кінематичне проєціювання в сучасних технологіях / Свідрак І. Г., Афтаназів І. С., Строган О.І., Шевчук А.О.// Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія "Харчові технології". – 2021. – Т. 23, № 96. – С. 67–75.

REFERENCES

1. Ju. B. Judovich. Promyslovaja razvedka ryby. M.: Pishhevaja-promyshlennost. - 1974 P.-238.
2. Тукунов А.У. Рыбороисковые приборы в комплексе: Учебник. - L.: Sudostroenye, 1989. 288 p: yl.
3. Kudrjavcev V. Y. Razvytye sredstv gidroakustycheskoj teletmetry y teleupravlenyja v rybohozjajstvennoj otrasly. Vserossyjskij nauchno-ysledovatelskij ynstitut rybnogo hozjajstva y okeanografyy (FGBNU) 154 Trudy VNYRO.2018. T. 170. P. 153–183.
4. Kudrjavcev V.Y. Gidroakustyka rybohozjajstvennaja. Uchebnoe posobyje. M.: Yzd-vo VNYRO, 2018. P.460.
5. Pavlov G.Y. Promyslovyje gidroakustycheskye pribory /G.Y. Pavlov. M.: - Agropromyzdat, 2017. – S. 286.
6. Davydov B.C., Nguen T.T., Hrenov M.Ju. Metody povyshenyja dalnosity raspoznavanyja rybnyh skoplenyj na fone donnyh otrazhenyj // «Radyolektronyka yzvestyja vysshyh uchebnyh zavedenyj Rossyy» Vypusk 1 – 2004, P.17-26.
7. Bukatyj V.M. Poysk ob'ektov promysla. – Kalynynggrad, 2000. P. 208.
8. I.G. Pulkevych. Linijni operatory kinematychnyh proekcijnyh vidobrazhen // Pr. Lviv. Mizh nar. nauk- metod. konf. z geometrychnogo modeljuvannja, inzh. ta komp. graf. – L., 1994, P.35.
9. O.P. Kalynovska, V.V. Glogovskij, I.G. Pulkevych. Lokacijni zadachi kinematychnyh proekcijnyh vidobrazhen // Pr. Lv. Mizh nar. nauk.-metod. konf. z geometrychnogo modeljuvannja, inzh. ta komp. graf. –L., 1994. P. 37.
10. O.P. Kalynovskaja, V.V. Glogovskij, Y.G. Pulkevych. K probleme edynoj teoryy proekcyonnyh otobrazhenyj // Prykl. geom. y ynzh. graf. – Vyp. 57 – 1994, P. 45-50.
11. Svidrak I. G., Shevchuk L. I., Strogan O. I., Strutynska L. R., Strogan I. V. Kinematyчне проєціювання як засіб управління технікою в автоматизованих землеробних комплексах //Науковий вісник NLTU Ukrainy: zbirnyk naukovo-tehnichnyh prac. – 2021. – Т. 31, № 5. – P. 102–107.
12. Svidrak I. G., Aftanaziv I. S., Strogan O. I., Shevchuk A. O. Kinematyчне проєціювання в сучасних технологіях // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія "Харчові технології". – 2021. – Т. 23, № 96. – P. 67–75.