

ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЗА ВИДАМИ)

УДК 629.7:629.072.1

DOI <https://doi.org/10.33082/td.2023.1-16.10>

КІНЕМАТИЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ЯК ЗАСІБ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОШУКУ СКУПЧЕНЬ РИБИ

І.С. Афтаназів¹, І.Г. Свідрак², О.О. Бойко³, О.І. Строган⁴

¹д.т.н., професор кафедри «Нарисної геометрії та інженерної графіки»,
Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна,
ORCID ID: 0000-0003-3484-7966

²к.т.н., доцент кафедри «Нарисної геометрії та інженерної графіки»,
Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна,
ORCID ID: 0000-0003-1811-2011

³к.т.н., доцент кафедри «Нарисної геометрії та інженерної графіки»,
Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-0871-6375

⁴к.т.н., старший викладач, кафедри «Нарисної геометрії та інженерної графіки»,
Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-1790-6736

Анотація

Вступ. У статті запропоновано шляхи вдосконалення пошуків скупчень риби у річковому та морському промисловому риболовстві. Це вдосконалення ґрунтується на оптимізації переміщень риболовецьких суден при здійсненні ними пошуку скупчень риби. Оптимізація пошукових переміщень риболовецьких суден поєднується із вдосконаленням визначення координат скупчень риби засобами кінематичного проектування. Специфіка кінематичного проектування тут проявляється в узгодженості швидкостей просторових переміщень усіх складових проектування. Для досягнення цього пропонуються розроблені математичні залежності, які надають можливість розраховувати координати переміщень у товщі морських глибин розшукуваних скупчень риби.

Відмінністю запропонованої методики пошуків скупчень риби є використання допоміжного пошукового судна, наприклад, моторного човна чи катера, що оснащено пошуковою гідроакустичною апаратурою. Допоміжне пошукове судно рухається паралельно або навколо риболовецького судна на віддалі від нього, яка обумовлена радіусом ефективної пошукової дії їх гідроакустичної апаратури.

Основною метою дослідження була розробка оптимальної траєкторії пошукових переміщень риболовецького та допоміжного суден для забезпечення максимальної ефективності пошуку скупчень риби при мінімальних витратах ними палива.

Висновки. Основними перевагами даної методики оптимізації пошукових переміщень суден є:

- зменшення негативного впливу на точність визначення координат скупчень риби хибних відбитих від дна водойми ехолокаційних сигналів. Це забезпечується використанням засобів кінематичного проектування;
- пониження сумарних витрат палива на пошукові переміщення суден в акваторіях пошукових ділянок. Це забезпечується оптимізацією траєкторій і узгодженістю переміщень риболовецького та допоміжного суден.

Ключові слова: пошук риби, морський промисел, ехолокація, кінематичне проектування, нарисна геометрія, координати, траєкторія переміщень, риболовне судно.

KINEMATIC DESIGN AS A MEANS OF IMPROVING THE SEARCH FOR FISH AGGREGATIONS

I.S. Aftanaziv¹, I. H. Svidrak², O.O Boiko³, O.I. Strohan⁴

¹Doctor of Technical Sciences, Professor
of the Department “Geometry and Engineering Graphics”
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0003-3484-7966

²PhD of Technical Sciences Professor
of the Department “Geometry and Engineering Graphics”
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0003-1811-2011

³PhD of Technical Sciences Professor
of the Department “Geometry and Engineering Graphics”
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-0871-6375

⁴PhD of Technical Sciences, Assistant
of the Department “Geometry and Engineering Graphics”
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-1790-6736

Summary

Introduction. The article proposes ways to improve the search for fish aggregations in river and sea industrial fishing. This improvement is based on the optimization of movements of fishing vessels when searching for fish aggregations. Optimizing the search movements of fishing vessels is combined with improving the determination of the coordinates of fish clusters by means of kinematic design. The specificity of kinematic design here is manifested in the consistency of the speeds of spatial movements of all design components. To achieve this, developed mathematical dependencies are proposed, which make it possible to calculate the coordinates of movements in the stratum of the sea depths of the wanted fish clusters.

The difference between the proposed method of searching for fish clusters is the use of an auxiliary search vessel, for example, a motor boat or a boat equipped with search hydroacoustic equipment. The auxiliary search vessel moves parallel to or around the fishing vessel at a distance from it, which is determined by the effective search radius of their hydroacoustic equipment.

Purpose. The main goal of the study was to develop the optimal trajectory of search movements of fishing and auxiliary vessels to ensure maximum efficiency in searching for fish aggregations with minimal fuel consumption.

Conclusions. *The main advantages of this method of optimization of search movements of vessels are:*

– *reducing the negative impact on the accuracy of determining the coordinates of fish clusters of false echolocation signals reflected from the bottom of the reservoir. This is ensured by the use of kinematic design tools;*

– *reduction of total fuel consumption for search movements of vessels in the water areas of search areas. This is ensured by the optimization of trajectories and coordination of movements of fishing and auxiliary vessels.*

Key words: *search for fish, sea fishing, echolocation, kinematic design, sketch geometry, coordinates, trajectory of movements, fishing vessel.*

Очевидним та незаперечним є той визнаний факт, що успіх промислового вилову риби, у першу чергу, регламентується вдалим пошуком місць її скупчень. В морському риболовецькому промислі такі скупчення риби часто називають «косяками». Звичайно немаловажну роль відіграють такі чинники як досконалість та надійність риболовецького спорядження, ефективність пошукової апаратури, метеорологічні умови, включно із станом водного плеса, тощо. Однак, що у минулому, що у сьогоденні чи в майбутньому найвідповідальнішим залишається спроможність із найменшими часовими та виробничими затратами розшукати промислові скупчення риби. Такі скупчення, які відповідатимуть не тільки різновиду риби, а і її кількісному наповненню.

Усвідомлення цього постає «наріжним каменем» як в процесах вдосконалення пошукової апаратури, так і у вдосконаленнях методик пошуків. І тут закономірно покладаються доволі великі надії та сподівання на ефективне залучення до пошукових робіт та обробки їх даних швидкодійних засобів розрахунків та обробки інформації.

Впродовж останнього століття риболовецькі судна зорієнтовані у пошуках риби на використання ехолокації. Класичний метод пошуку тут передбачає попереднє узгодження місць вилову риби, захід риболовного судна на акваторію ділянки вилову, здійснення пошуковою гідроакустичною апаратурою зондування товщі води у пошуках скупчень риби і, як завершальний етап, її вилов. У випадку відсутності риби на обстежуваній ділянці пошуку або при її недостатній кількості риболовне судно переходить на іншу ділянку пошуку і продовжує розшукувати скупчення риби [1]. Розміри охопленої пошуковою апаратурою ділянки водного плеса регламентуються спроможністю сприйняття і опрацювання апаратурою відбитих ехосигналів.

При цьому вимушений за відсутності риби на початковій ділянці пошуків перехід на іншу пошукову ділянку супроводжується витратою палива на роботу маршового двигуна та на забезпечення життєдіяльності обладнання і екіпажу судна. Усе це відчутно підвищує енергозатрати на пошукові переходи риболовецького судна, а відповідно і збільшує собівартість виловленої риби.

Із врахуванням недоліків класичних методів пошуків скупчень риби вдосконалення пошукових етапів було спрямовано у трьох, хоч і взаємозалежних та все ж рівноправних, напрямках. Перший із них було зорієнтовано на вдосконаленні пошукової апаратури та її технологічних можливостей. Другий напрям закономірно було

спрямовано на оптимізацію траєктрій переміщень риболовних суден в процесах пошуків скупчень риби. При цьому оптимізувались не лише переміщення безпосередньо риболовного судна, а і переміщення супроводжуючих ці судна додаткових пошукових засобів, наприклад, допоміжних моторних пошукових катерів, легких літальних апаратів, гелікоптерів тощо. Третій напрям було спрямовано на вдосконалення засобів обробки пошукової інформації з метою, наприклад, уточнення даних щодо масового вмісту риби у виявлених її скупченнях. Безсумнівно, що усі ці напрями певним чином пов'язані між собою та взаємодоповнюючі, володіють як своїми перевагами, так і притаманними їм недоліками у застосуванні. Наприклад, завдяки конструктивним вдосконаленням сучасні пошукові гідролокатори дозволяють розпізнавати підводні об'єкти на віддаленості від 3 км до 4 км, а зорієнтовані на пошук риби ехолоти – на віддалі від 2,0 км до 2,5 км. Сучасні гідролокатори надають можливість здійснювати почерговий секторний та круговий огляд підводного простору. Це відчутно вдосконалює пошуковий процес об'єктів промислу.

Водночас завдячуючи вдосконаленню характеристик пошукової апаратури, зменшенню її габаритів та маси, застосуванню сучасних матеріалів та конструктивних рішень, появилася реальна можливість оснащення пошуковою апаратурою не лише великотоннажних риболовецьких сейнерів, а і оснащення нею риболовних шхун та моторних катерів. Це сприяло відчутному розширенню площ акваторій пошуку скупчень риби і на морських промислах, і на прісноводних водоймах із значними глибинами та розмірами.

Великі радіуси ефективної пошукової дії сучасної гідроакустичної апаратури дозволяють у сьогоденні успішно застосовувати допоміжні пошукові судна, які здійснюють пошук скупчень риби самостійно на певній віддаленості від основного риболовного судна. Виявивши промислове скупчення риби допоміжне судно надає основному риболовному судну інформацію про координати цього скупчення. Опрацювавши цю інформацію і прийнявши рішення щодо доцільності вилову риби на новій розвіданій ділянці риболовне судно переходить на цю нову ділянку і здійснює вилов риби. А допоміжне пошукове судно здійснює пошук нової перспективної ділянки вилову риби.

Проте такі спарені дії риболовного та допоміжного суден не позбавлені певних недоліків. Адже допоміжні пошукові судна здійснюють пошукову ехолокацію хаотично. І ймовірність того, що успішними будуть саме кожен із чергових пошукових переходів доволі незначна. Пошуки допоміжним судном скупчень риби можуть бути вельми тривалими в часі. Тому і цю пошукову схему доцільно вдосконалювати.

Об'єктом дослідження є способи пошуку скупчень риби у морському риболовному промислі.

Предмет дослідження – методики визначення і розрахунків координат виявлених у товщі води об'єктів та визначення обсягів риби у виявлених скупченнях.

Метою дослідження була оптимізація траєкторій пошукових переміщень риболовного та допоміжного суден для забезпечення максимальної ефективності пошуків скупчень риби при мінімальних витратах палива на переходи суден та створення методики вдосконалення пошуків координат скупчень риби засобами кінематичного проектування.

Для досягнення означеної мети було окреслено такі основні завдання дослідження:

- створення методики розрахунку координат переміщень скупчень риби із застосуванням математичного апарату кінематичного проектування;
- розробка принципів схем переходів риболовного та допоміжного суден для збільшення площі ділянок ефективного пошуку скупчень риби;
- дослідження запропонованої схеми розрахунків кінематичним проектуванням обсягів риби у виявлених її скупченнях;
- створення алгоритму та блок-схеми програмного забезпечення розрахунків координат та обсягів скупчень риби засобами кінематичного проектування.

Наукова новизна результатів дослідження вбачається у розробці оновленої теоретично аргументованої методики визначення координат та обсягів скупчень риби при її промислового вилову із глибин моря та прісноводних водойм, яка ґрунтується на використанні основ кінематичного проектування.

Практична значимість результатів дослідження очікується у наступних певних перевагах їх застосування та використання. Першочергово, описані методи та методики визначення координат скупчень риби, а також запропоновані математичні залежності їх розрахунків нададуть можливість більш, ніж вдвічі збільшити площу акваторії пошуку скупчень риби. Зрозуміло, що це пропорційно понизить трудозатрати на провадження пошукових робіт, а відповідно і витрати палива на здійснення здійснення риболовним судном переходів між пошуковими ділянками. Одночасно засоби кінематичного проектування дозволять оперативно і об'єктивно оцінити геометричні розміри виявленого скупчення риби та прорахувати її вміст у цьому скупченні. Очікувано, що це полегшить команді риболовного судна прийняти зважені рішення стосовно доцільності вилову риби саме із даного її скупчення.

Матеріали та методи дослідження. Прикладом успішного використання кінематичного проектування для визначення координат та траєкторій просторових переміщень рухомих об'єктів можна вважати успішні дослідження українських геометрів в галузі визначення координат безпілотних літальних апаратів (БПЛА) [2, 3]. Цими дослідженнями створена теоретична база математичного апарату для розрахунку засобами кінематичного проектування траєкторій та координат просторових переміщень ворожих ударних та диверсійно-розвідувальних БПЛА. Високу ефективність та точність визначення траєкторій та просторових координат рухомих об'єктів методами кінематичного проектування підтверджено експериментально.

Усвідомлення актуальності та доцільності залучення сучасного математичного апарату та останніх досягнень нарисної геометрії до пошуків скупчень риби у морських просторах було основою даного дослідження.

Методи та методики математичного і фізичного моделювання швидкоплинних процесів та математичної статистики класифікації і аналізу їх результатів застосовувалися у процесі проведення теоретико-експериментальних досліджень. Положення теорії відображення траєкторій та координат просторових переміщень рухомих об'єктів засобами нарисної геометрії при поєднанні класичного ортогонального проектування із динамічними особливостями кінематичного

проектування були основою експериментального дослідження. Теорія планування досліджень із математичним апаратом опрацювання їх результатів застосовувалась для об'єктивної оцінки результатів теоретико-експериментального дослідження динаміки рухомих у просторі об'єктів. Із застосуванням обчислювальної техніки та програмного продукту графічного редактора AutoCAD відображено графічні моделі фіксації координат скупчень риби.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Практично кожний із вище окреслених напрямів покращення ефективності методів пошуку скупчень риби вдосконалюється та розвивається як незалежно один від іншого, так і у їх спільному взаємозв'язку. Так досягнення в такій галузі науки і техніки як телеметрія дозволили завдяки контролю заповнення рибою кошелєвих тралів підвищити не лише ефективність пошуку, а і відчутно збільшити обсяги вилову риби [4, 5]. Не менш ефективним виявилось і вдосконалення конструкцій пошукових випромінюючих антен [6, 7], яке сприяло нарощуванню обсягів вилову даної риби. Опираючись у своїх пошуках ще на методики минулого століття, які полягали у оптимізації пошукових галсів риболовецьких суден [1], продовжуються невинні пошуки оптимальних траєкторій переміщень спарених дуетів риболовного та допоміжного пошукових суден [8, 9].

Певною мірою невинні вдосконалення пошукових процесів у промисловому вилові риби обумовило і відчутне зменшення її кількості та різновидів у морських глибинах. Різкі зміни погодних умов, що обумовлені «парниковими ефектами» в атмосфері Землі, зумовлені цим зміни течій та нерестових умов, а частково і вдосконалені засоби пошуку та безпосередньо вилову риби, неминуче мали спровокувати стрімке зменшення кількості риби у морях. Відповідно пропорційно наростають трудозатрати на її пошуки та виловлювання. Саме тому не втрачають своєї актуальності наукові дослідження в галузях як вдосконалення наявних, так і в створенні новітніх досконаліших методик пошуків скупчень промислової риби. Методик та методів, які не лише ґрунтуються на можливостях сучасної пошукової апаратури, а також і на використанні досягнень математики те невичерпних можливостей обчислювальної техніки.

Неаби-які перспективи в цьому руслі спостерігаються в намірах залучити до методик пошуків координат, швидкостей та траєкторій просторових переміщень рухомих об'єктів, загалом, і окремих скупчень риби, у тому числі, можливостей нарисної геометрії. А переважно такої її складової, яка відома як кінематичне проектування [10, 11]. Тут під терміном «кінематичне проектування (відображення)» слід розуміти проектування, усі складові якого, а саме фокальні фігури проєктуючих комплексів та конгруенцій, центри і об'єкти проектування (прообрази), а також носії проєкцій («картинна площина») можуть здійснювати взаємозалежні переміщення у просторі та часі.

Свій певний внесок у становлення та розвиток і застосування кінематичного проектування як науки про рухомі динамічні об'єкти було здійснено і науковцями України, зокрема провідними вченими НУ «Львівська політехніка» [10, 11]. Ще у кінці минулого століття ними вперше було запропоновано застосування розроблених лінійних операторів для спінографічних, ротографічних та грамографічних відображень рухомих у просторі об'єктів. Водночас із

розробкою алгоритмів рішення так званої прямої задачі кінематичного проектування, яка полягає у пошуку проекцій траєкторій просторових переміщень об'єктів, цими дослідженнями [10] було розроблено і алгоритми рішень так званої «оберненої задачі». Ця «обернена задача» надає спроможність пошуків за відомою траєкторією руху координати просторового розміщення рухомого об'єкта. Продовжені у 20-х роках нашого століття дослідження НУ «ЛП» теорії кінематичного проектування, а також воєнні події на території України спонукали спрямувати ці дослідження в русло покращення обороноздатності держави. Так зокрема у роботі [2] було розглянуто спроможність застосування кінематичного проектування для визначення координат та траєкторій просторових переміщень ворожих ударних та диверсійно-розвідувальних безпілотних літальних апаратів.

У продовження цих досліджень в роботі [12] авторами проаналізовано спроможність застосування методології кінематичного проектування для пошуків та знешкодження плаваючих мін. Тут вперше продемонстрована послідовність визначення координат мін за даними розвідки поверхні моря чи прісноводної водойми безпілотними літальними апаратами, запропонований алгоритм розрахунків координат виявлених мін у запровадженій на катері-тралівнику системі координат.

До можливостей пошуків рухомих об'єктів у морських глибинах теорія кінематичного проектування ще не досліджувалась. То ж певною мірою дану наукову роботу можна вважати «піонерською». Сподіваємося, що окрім свого внеску у теорію кінематичного проектування дане дослідження матиме і практичне застосування у риболовному промислі.

Основні результати дослідження. 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.

На рис. 1 та рис. 2 схематично відображено пошук скупчень риби із застосуванням методик та засобів кінематичного проектування. Для реалізації цієї схеми пошуку використовують два незалежні плаваючі засоби, наприклад, безпосередньо риболовне судно та допоміжний плаваючий катер. Кожен із цих плаваючих засобів оснащений пошуковою гідролокаційною апаратурою та мережею надійного взаємозв'язку. Окрім традиційного спорядження для пошуку скупчень риби риболовне судно повинно бути оснащено сучасною швидкодіючою обчислювальною технікою та належним їй програмним забезпеченням для опрацювання результатів пошуку риби.

У якості пошукового допоміжного плаваючого засобу тут може використовуватися, наприклад, потужний катер чи моторизований човен, що спроможний протистояти вітровому навантаженню та обумовленому ним хвильовому збуренню морської поверхні. Сприйнятим є і варіант, у якому в якості допоміжного використовуватимуть ще одне риболовне судно. Тому організовуючи розвідувальні роботи із пошуків скупчень риби у певних акваторіях моря доречно таким чином організувати їх, щоб максимально широко охопити площі пошукових ділянок.

Поряд із потужністю пошукової апаратури, тут важливе значення мають і траєкторії пошукових переміщень використовуваних для пошуків технічних засобів. При цьому часто збільшують кількість одночасно використовуваних пошукових пристроїв та засобів, узгоджуючи поміж ними траєкторій їх просторових переміщень та режими пошукової роботи [6, 7, 10].

Пошук промислово придатних скупчень риби із використанням допоміжного плавучого судна та із застосуванням кінематичного проектування (рис. 1) здійснюють у наступній послідовності.

Риболовне судно 1 із встановленими на ньому пошуковою апаратурою та засобами радіозв'язку і обчислювальною апаратурою заходить в центральну частину виділеної йому для пошуків риби ділянки 3 акваторії моря. Тут відшвартовують оснащений пошуковою апаратурою допоміжний плавучий засіб 2, наприклад, моторний човен, який відходить від риболовного судна на віддаль

$$m = R + r,$$

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

r – радіус півсфери ефективного пошуку гідроакустичної апаратури допоміжного пошукового судна.

Вилаштуванням у одну лінію риболовному 1 та допоміжному 2 плавучому суднам в процесі пошуку риби надають переміщення по спіралі Архімеда 3 та 4, крок якої рівний

$$n = D + d, n$$

де D та d – відповідно діаметри півсфер ефективного пошуку гідролокаційної апаратури риболовного та допоміжного суден (рис. 1).

Центр спіралі Архімеда, по якій переміщаються пошукові судна, умовно облаштовано в центрі пошукової ділянки акваторії моря.

Траєкторію руху обох пошукових суден по спіралі Архімеда обрано із наступних міркувань:

- дана траєкторія не допускає наявності необстежених ділянок акваторії моря;
- ця плавна траєкторія, на відміну від інших можливих, не передбачає зворотних рухів та стрімких поворотів, що не є бажаним для процесу пошуку скупчень риби.

Якщо прийняти за середню допустиму швидкість пошукових переміщень риболовного та допоміжного плавучого суден швидкість від 9,5 вузлів до 11 вузлів, тобто 18–20 км/год., то за годину часу роботи цими пошуковими суднами за умови просторових їх переміщеннях по спіралі Архімеда буде обстежено понад шість квадратних кілометрів акваторії моря.

Площа, що прозондується пошуковою апаратурою кожного із пошукових суден, пропорційна пройденому ними шляху, тобто довжині їх переміщень по поверхні водойми, що відображається кількістю пройдених ними витків по спіралі Архімеда, та ширині смуги зондування. Для риболовного судна ця площа рівна

$$S_t = \sum \ell_{i(t)} \cdot D,$$

де $\sum \ell_{i(t)}$ – сумарна довжина пройдених риболовним судном витків спіралі Архімеда.

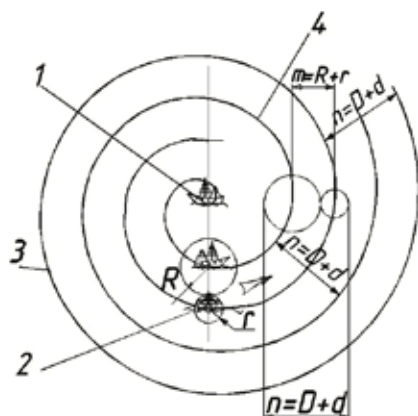


Рис. 1. Траекторія просторових переміщень по спіралі Архімеда риболовного та допоміжного плавучого суден в пошуках скупчень риби

Для допоміжного пошукового катера ця площа рівна

$$S_k = \sum \ell_{i(k)} \cdot d,$$

де $\sum \ell_{i(k)}$ – сумарна довжина пройдених допоміжним пошуковим катером витків спіралі Архімеда.

Оскільки сумарна довжина пройдених пошуковими суднами витків спіралі практично однакова, то співвідношення ε обстежених ними площ водойми відображається співвідношенням діаметрів півсфер ефективної пошукової дії гідроакустичної апаратури цих суден, тобто

$$\varepsilon = \frac{S_t}{S_k} = \frac{\sum l_{i(t)} \cdot D}{\sum l_{i(k)} \cdot d} = \frac{D}{d} = \frac{R}{r}$$

Оскільки радіус r півсфери ефективної пошукової дії гідроакустичної апаратури допоміжного пошукового катера призначають в діапазоні $0,5R \leq r \leq R$, то можна стверджувати, що використання допоміжного пошукового катера дозволяє у 1,5–2 рази збільшити площу обстеженої в одиницю часу площі водної поверхні.

Масивне риболовне судно при його пошукових переміщеннях по обстежуваній водній поверхні витрачає на порядок більше палива порівняно із легким малогабаритним пошуковим катером. Відповідно при зменшенні у 1,5–2 рази пройденого ним шляху пропорційно зменшиться і кількість витраченого на це палива.

Наприклад, при швидкості руху риболовного судна $v_{(t)} = 5,5$ вузлів впродовж однієї години ним буде пройдено біля 10 км та обстежена смуга водного плеса довжиною $\ell_t = 10$ км і шириною $D = 0,4$ км, тобто площею

$$S_t = \ell_t \cdot D = 10 \cdot 0,4 = 4 \text{ км}^2$$

На це буде витрачено приблизно 100 літрів палива із розрахунку витрати палива цим судном 10 літрів на 1 км пройденого шляху. Якщо цю ж площу $\Sigma S = 4 \text{ км}^2$ одночасно обстежують обидва пошукові судна і ширина пошукової смуги допоміжного катера вдвічі менша від ширини пошукової смуги риболовного судна, то обом пошуковим суднам доведеться пройти по 6,5 кілометри. Тоді риболовним

судном буде використано 65 літрів палива, а допоміжним пошуковим катером, із розрахунку, що він витрачає 2,5 літра палива на 1 км пройденого шляху, приблизно 16 літрів палива. Сумарно це складе 81 літру витраченого обома пошуковими суднами палива. Це майже на 20% менше, порівняно із витратами палива на пошукові переміщення виключно лише риболовного судна. До речі, цей відсоток економії палива зростає до 37,5%, якщо радіуси ефективної пошукової дії гідроакустичної апаратури пошукових суден будуть однакові.

У випадку виявлення будь-яким із пошукових суден скупчення риби обхід ними території по спіралі Архімеда призупиняють. По відповідній команді із командного пункту риболовне та допоміжне судна розташовуються рівновіддалено по два боки від виявленого скупчення риби. Після цього вмикають одночасно на обох суднах спостережну апаратуру для ідентифікації виявленого у морі скупчення. Саме спостереження та оброзмірювання виявленого скупчення риби з двох зміщених на 180° одна від одної точок (суден) надають можливість побудови на екрані монітора комп'ютера командного пункту твердотільної моделі даного виявленого рухомого об'єкта.

Якщо виявлене скупчення риби виявиться за своїм вмістом і обсягами доцільним для обловлювання, приступають до визначення координат та швидкості переміщень даного скупчення риби. Для цього, перш за все, використовуючи відповідну програму, уточнюють координати розташування даного скупчення. Спеціальною обчислювальною програмою вмикають алгоритм послідовності уточнення координат скупчення риби засобами кінематичного проектування.

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 3 риболовного судна 1, умовно облаштовують тривимірну ортогональну систему координат (рис. 2). 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 4 допоміжного судна 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 із координатами $C(a/2;0,87a;0)$. Задавши глибину H , що перевищує в $1,2-1,5$ рази орієнтовну глибину розташування скупчення риби, на перпендикулярах до базової площини α в точках A , B та C в напрямку морських глибин встановлюють точки M , N та P . Ці три точки M , N та P задають у морських глибинах чи просторі дна «картинну» площину $\beta(N;M;P)$, яка паралельна базовій площині $\alpha(A;B;C)$ і віддалена від неї на віддаль H , тобто $H=AM=CN=BP$; $\alpha(ABC)//\beta(MNP)$ (рис. 2). 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 обловлюваної прісноводної водойми. Це усуває небезпеку впливу на точність розрахунків координат при кінематичному проектуванні відбитих від дна водойми хибних сигналів ехолокаторів. І це

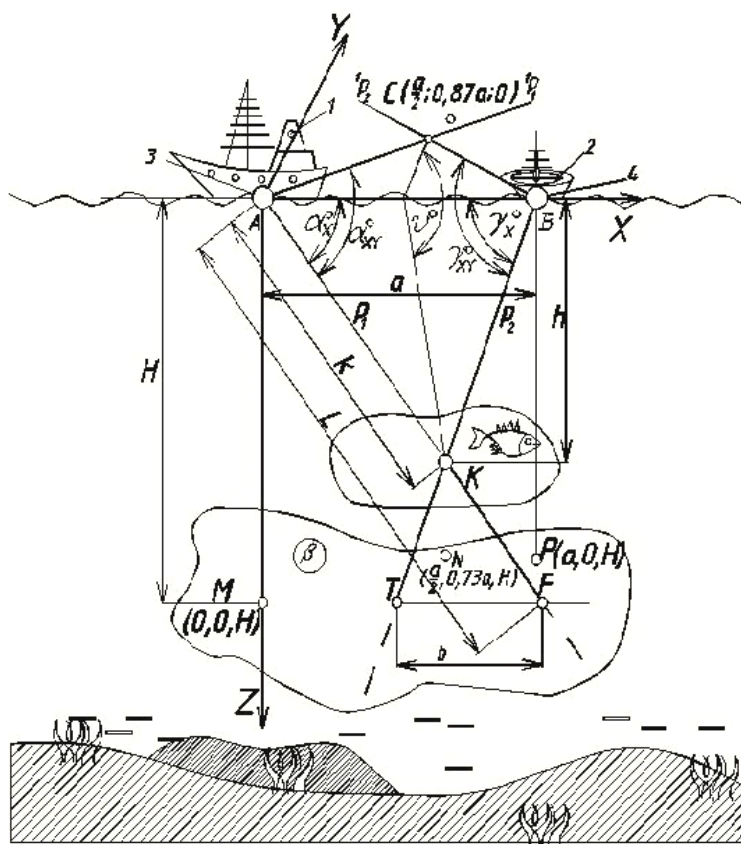


Рис. 2. Принципова схема використання кінематичного проектування для пошуку та визначення координат скупчень риби

є суттєвою перевагою застосування для пошуку скупчень риби засобів кінематичного проектування.

На другому етапі, увімкнувши одночасно гідроакустичні пошукові системи риболовного 1 та допоміжного судна 2, спрямовують в очікуваному напрямку розташування виявленого скупчення риби пошукові хвилі (рис. 2). На моніторах пошукових систем фіксують напрям (азимут) проектуючих променів, що проходять від кожної гідроакустичної пошукової системи через точку просторового розташування знайденого скупчення, та кути їх нахилу до базової площини α , тобто $\alpha_{xy} = p_1 \hat{a}$ та $\gamma_{xy} = p_2 \hat{a}$. 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 риболовне 1 та допоміжне 2 судна, тобто $\alpha_x = p_1 \hat{AB}$ та $\gamma_x = p_2 \hat{AB}$ (рис. 2).

За кутами α_x , α_{xy} , γ_x та γ_{xy} нахилу проектуючих променів до базової площини α та лінії a , що з'єднує обидві пошукові системи, та координатами точок розташування пошукових антен на комп'ютері командного пункту відображають обидва проектуючі промені p_1 та p_2 . Відповідним програмним забезпеченням зводять обидва проектуючі промені до взаємного їх перетину в центральній частині

виявленого скупчення риби (точка K на рис. 2). Перетинні між собою проєктуючі промені p_1 та p_2 , разом 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 наступному 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 . При цьому також визначають віддаль b між точками перетину проєктуючих променів із картинною площиною β , тобто $b = |FT|$.

Точки перетину проєктуючих променів із картинною площиною β шукають аналітичним методом. 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 . Також задають 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, володіючи координатами точок A та B , а також точок $F = p_2 \cap \beta$ та $T = p_1 \cap \beta$ перетину проєктуючих променів p_1 і p_2 із картинною площиною β , тобто координатами точок на кінцях відрізка проєктуючого променя, записують рівняння прямої лінії, що проходить через дві точки із відомими координатами. Тобто $A(x_A, y_A, z_A) \in p_1$; $T(x_T, y_T, z_T) \in p_1$; $p_1 \subset l_1$.

Тоді рівняння проєктуючого променя p_1 , як рівняння прямої, матиме вигляд

$$\frac{x - x_A}{x_T - x_A} = \frac{y - y_A}{y_T - y_A} = \frac{z - z_A}{z_T - z_A}. \quad (1)$$

Аналогічно для проєктуючого променя p_2 , що проведений через допоміжне пошукове судно (точка B) і точку F з відомими координатами $F(x_F, y_F, z_F)$, рівняння прямої l_2 , матиме вигляд

$$\frac{x - x_B}{x_F - x_B} = \frac{y - y_B}{y_F - y_B} = \frac{z - z_B}{z_F - z_B}. \quad (2)$$

Із двох рівнянь проєктуючих променів p_1 і p_2 формують систему рівнянь і спільним їх рішенням шукають координати точки $K(x_K; y_K; z_K)$ їх перетину як точки, у якій на даний час розташоване скупчення риби. Володіючи координатами розташування знайденого скупчення риби з математичної залежності, що визначає довжину відрізка прямої за координатами двох його кінцевих точок, розраховують віддаленість цього скупчення риби від риболовного судна

Для перевірки правильності здійснених розрахунків із двох подібних трикутників ΔABK та ΔFTK , утворених пересічними променями, вираховують координати їх спільної вершини точки K . Це точка $K(x_K; y_K; z_K)$, у якій на даний момент часу розміщене розшукуване скупчення риби (рис. 2). Із розв'язків вказаних трикутників визначають два вагомні для успішного пошуку скупчення риби параметри, а саме глибину h занурення цього скупчення та його віддаленість k від риболовного судна. Для цього використовують математичні залежності

$$k = h\sqrt{1 + (\text{Ctg}\alpha_x)^2}; \quad h = H\left(1 - \frac{b}{a + b}\right), \quad (3)$$

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

h – глибина розташування скупчення риби відносно поверхні водного плеса водойми чи моря;

H – задана віддаль від поверхні моря до картинної площини;

a – віддаль між риболовним та допоміжним суднами;

b – віддаль між точками перетину проєктуючих променів гідроакустичних пристроїв із картинною площиною;

α_x – кут нахилу проєктуючого променя гідроакустичного пристрою до лінії a .

Якщо виявлені координати точки перетину між собою обох проєктуючих променів співпадають у вище відзначених кроках перевірок, то роблять висновок про відповідність розрахованих координат розміщення скупчення риби їх реальному значенню.

На рис. 3 відображена схема застосування кінематичного проєктування для наближеної оцінки кількості риби у виявлених її скупченнях. Виявивши скупчення риби 1 зосереджують проєктуючі промені 2 та 3 кінематичного проєктування почергово на точках S і V (велика вісь еліпсоїда) та точках W і J (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 немов би охоплює своєю поверхнею виявлене скупчення риби. Приймаючи 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.

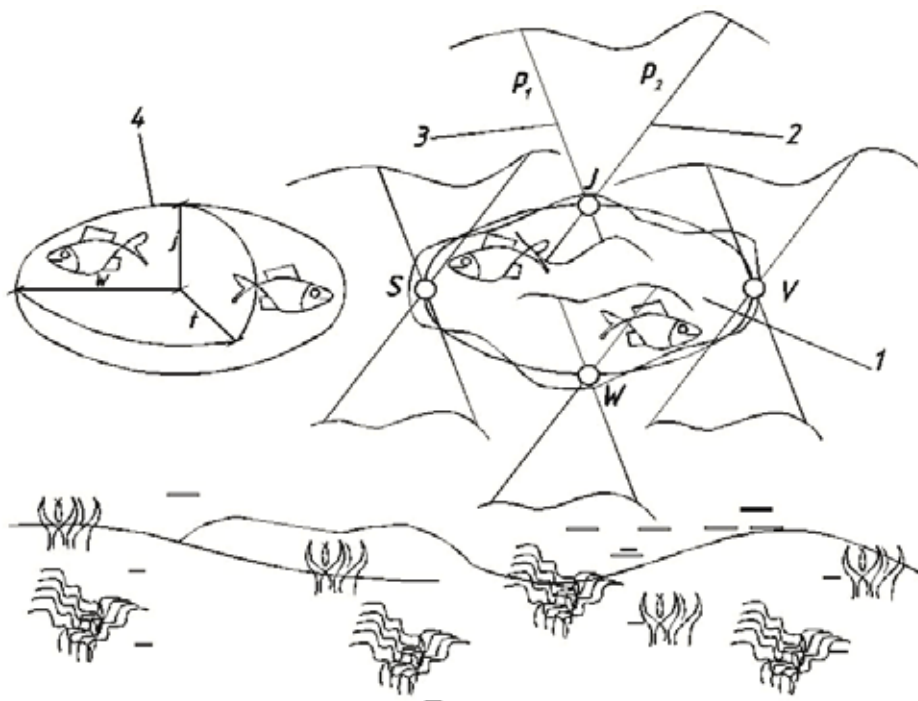


Рис. 3. Схема наближеного визначення кількості риби у її скупченні засобами кінематичного проєктування

Для полегшення розрахунків у таблицях 1 та 2 приведено основні математичні залежності, що можуть застосовуватися для розрахунків координат виявлених скупчень риби.

Аналітичні рівняння проектуючих променів p_1 та p_2 і математичні залежності для визначення основних параметрів приведено у таблиці 2.

Послідовність розрахунків координат виявленого скупчення риби засобами кінематичного проектування проілюстровано на нижче приведеному прикладі.

Задають координати точок, що формують базову $\alpha(A;B;C)$ поверхню, яка співпадає із морською поверхнею, та «картинну» $\beta(K,N,P)$ площину у товщі морських глибин чи дна водойми. Також задають віддаль між цими площинами, наприклад, $H = |\alpha\beta| = 500$ м. Нехай ключові точки, що задають базову та картинну площини, мають наступні координати:

– точка А, що розташована на кінці випромінюючої гідролокаційної антени риболовного судна 1 – $A(0,0,0)$;

– точка В, що розташована на кінці випромінюючої гідролокаційної антени допоміжного пошукового судна 2 – $B(a,0,0) = B(150,0,0)$;

– точка С на морській поверхні – $C(a/2;0,87a;0) = C(75;130,5;0)$;

– точка М, що розташована на перпендикулярі через точку А до поверхні моря (базова площина $\alpha(A; B; C)$) у товщі морського дна у картинній площині $\beta(M,N,P)$, причому $AM=H=500$ м – $M(0,0,500)$;

– точка Р, що розташована на перпендикулярі через точку В до поверхні моря (базова площина $\alpha(A;B;C)$) у товщі морського дна у картинній площині $\beta(M,N,P)$, причому $BP=H=500$ м – $N(150,0,500)$;

Таблиця 1

з/п	Опис формуючих кути ліній та площин	Позначення кутів для проектуючих променів:			
		Проектуючий промінь p_1		Проектуючий промінь p_2	
		Позначення	Значення у розглянутому прикладі	Позначення	Значення у розглянутому прикладі
1	Кут між проектуючим променем і віссю x	α_x	80°	γ_x	75°
2	Кут між проектуючим променем і його проекцією на горизонтальну площину поверхні водойми (базовою площиною)	α_{xy}	80°	γ_{xy}	75°
3	Кут між проекцією проектуючого променя на базову площину та віссю x	β	0°	g	0°
4	Кут нахилу площини проектуючих променів $\omega(p_1 \cap p_2)$ до базової площини $\alpha(x; y)$	ν	90°	ν	90°

Таблиця 2

№ з/п	Назва параметру	Проектуючі промені:	
		Проектуючий промінь p_l	Проектуючий промінь p_r
Рівняння проектуючих променів			
1	Напрямний вектор	$\begin{cases} x_0 = \cos \alpha_x \\ y_0 = \sqrt{\cos^2 \alpha_{xy} - \cos^2 \alpha_x} \\ z_0 = \sin \alpha_{xy} \end{cases}$	$\begin{cases} x_0 = \cos \gamma_x \\ y_0 = \sqrt{\cos^2 \gamma_{xy} - \cos^2 \gamma_x} \\ z_0 = \sin \gamma_{xy} \end{cases}$
2	Параметричні рівняння проектуючих променів	$\begin{cases} x_0 = t \cdot \cos \alpha_x \\ y_0 = t \cdot \sqrt{\cos^2 \alpha_{xy} - \cos^2 \alpha_x} \\ z_0 = t \cdot \sin \alpha_{xy} \end{cases}$ $t \geq 0$ (1)	$\begin{cases} x_0 = k \cdot \cos \gamma_x \\ y_0 = k \cdot \sqrt{\cos^2 \gamma_{xy} - \cos^2 \gamma_x} \\ z_0 = k \cdot \sin \gamma_{xy} \end{cases}$ $k \geq 0$ (2)
	Канонічні рівняння проектуючих променів	$\frac{x - x_T}{\cos \alpha_x} = \frac{y - y_T}{\sqrt{\cos^2 \alpha_{xy} - \cos^2 \alpha_x}} = \frac{z - z_T}{\sin \alpha_{xy}} \quad (1)$	$\frac{x - x_F}{\cos \gamma_x} = \frac{y - y_F}{\sqrt{\cos^2 \gamma_{xy} - \cos^2 \gamma_x}} = \frac{z - z_F}{\sin \gamma_{xy}} \quad (2)$
Параметри проектуючих променів			
3	Довжина	$AT = t = \frac{H}{\sin \alpha_{xy}}$	$BF = k = \frac{H}{\sin \gamma_{xy}}$
4	Координати точок перетину із картинною площиною β	$\begin{aligned} T(x_T; y_T; z_T) \\ x_T = \frac{H \cos \alpha_x}{\sin \alpha_{xy}} \\ y_T = \frac{H \cdot \sqrt{\cos^2 \alpha_{xy} - \cos^2 \alpha_x}}{\sin \alpha_{xy}}; \\ z_T = H \end{aligned}$	$\begin{aligned} F(x_F; y_F; z_F) \\ x_F = a - \frac{H \cos \gamma_x}{\sin \gamma_{xy}} \\ y_F = \frac{H \cdot \sqrt{\cos^2 \gamma_{xy} - \cos^2 \gamma_x}}{\sin \gamma_{xy}}; \\ z_F = H \end{aligned}$
5	Віддаль між точками перетину $b = TF $	$b = TF = \sqrt{(x_T - x_F)^2 + (y_T - y_F)^2 + (z_T - z_F)^2}$	
6	Глибина занурення скупчення риби	$h = H \left(1 - \frac{b}{a+b} \right)$	
7	Віддаль від риболовного судна до скупчення риби	$k = h \sqrt{1 + ctg^2 \alpha_x}$	
8	Координати скупчення риби у запровадженій системі координат	$K(x_K; y_K; z_K) \leftarrow \{ \text{із системи рівнянь проектуючих променів (мат. залежності (1) та (2))} \}$	

– точка N , що розташована на перпендикулярі через точку C до поверхні моря (базова площина $\alpha(A; B; C)$) у товщі морського дна у картинній площині $\beta(M, N, P)$, причому $CN = H = 500 \text{ м} - N(75; 130, 5; 500)$.

Нехай для спрощення демонстрації прикладу та полегшення розуміння суті кінематичного проектування вважатимемо, що риболовне та допоміжне пошукові

судна розташовані строго над виявленим скупченням риби, тобто судна і скупчення риби знаходяться у одній площині, що перпендикулярна до поверхні моря. У подальшому спрямовують у напрямку виявленого скупчення риби уявні проєктуючі промені, які беруть свій початок на кінцях пошукових гідролокаційних антен риболовного судна 1 ($p_1 = l_1$) та допоміжного пошукового судна 2 ($p_2 = l_2$) і проходять через виявлене скупчення риби до перетину із картинною площиною $\beta(M, N, P)$. Фіксують кути нахилу цих проєктуючих променів до лінії АВ, що з'єднує пошукові судна та співпадає із віссю x , тобто $\alpha_x^\circ = p_1^\wedge x$ та $\gamma_x^\circ = p_2^\wedge x$. Нехай кут $\alpha_x^\circ = 80^\circ$, а кут $\gamma_x^\circ = 75^\circ$. Тоді кут нахилу проєктуючого променя p_1 до осі z становитиме $\rho = 90^\circ - \alpha_x^\circ = 90^\circ - 80^\circ = 10^\circ$, а проєктуючого променя p_2 до вертикальної лінії ВР $\xi = 90^\circ - \gamma_x^\circ = 90^\circ - 75^\circ = 15^\circ$.

Визначають координати точок перетину проєктуючих променів p_1 та p_2 із картинною площиною $\beta(M, N, P)$. Це можна зробити або із графічних побудов, розв'язуючи прямокутні трикутники ΔAMT та ΔBPF , або аналітичним методом.

Із трикутника ΔAMT координата x_T точки перетину проєктуючого променя $p_1 = AT$ із картинною площиною $\beta(M, N, P)$

$$x_T = MT = AM \cdot \operatorname{tg} \rho = H \cdot \operatorname{tg} \rho = 500 \cdot \operatorname{tg} 10^\circ = 88,15 \text{ м}$$

Повні координати цієї точки T у прийнятій системі координат

$$T(x_T, y_T, z_T) = T(88,15; 0; 500),$$

а довжина проєктуючого променя $p_1 = AT$

$$p_1 = AT = 507,7 \text{ м}$$

Із трикутника ΔBPF довжина катета PF

$$FP = BP \cdot \operatorname{tg} \xi = H \cdot \operatorname{tg} \xi = 500 \cdot \operatorname{tg} 15^\circ = 134 \text{ м.}$$

Тоді координата x_F точки перетину проєктуючого променя $p_2 = BF$ із картинною площиною $\beta(M, N, P)$

$$x_F = MT = AB - PF = a - PF = 150 - 134 = 16 \text{ м}$$

Повні координати цієї точки F в прийнятій системі координат

$$F(x_F, y_F, z_F) = F(16; 0; 500),$$

а довжина проєктуючого променя $p_2 = BF$

$$p_2 = BF = 517,6 \text{ м}$$

Віддаль між точками F та T перетину проєктуючими променями p_1 та p_2 картинної площини $\beta(M, N, P)$

$$b = x_T - x_F = 88,15 \text{ м} - 16 = 72,15 \text{ м}$$

Із математичних залежностей (3) визначають два вагомні для успішного пошуку скупчення риби параметри, а саме глибину розміщення скупчення h та віддаленість k цього скупчення риби від риболовного судна 1.

Глибину h розташування даної донного скупчення риби визначають із виразу

$$h = H \left(1 - \frac{b}{a+b} \right) = 500 \left(1 - \frac{72,15}{150 + 72,15} \right) = 337,5 \text{ м,}$$

а віддаль k від риболовного судна 1 до виявленого скупчення риби 3 розраховують із математичної залежності

$$k = \frac{h}{\sin \alpha_x} = \frac{337,5}{\sin 80^\circ} = 342,6 \text{ м}$$

У запровадженій ортогональній системі координат із її початком в точці А на кінці випромінюючої антени риболовного судна 1 координата скупчення риби 3 по осі x становитиме

$$x_K = h \cdot \operatorname{ctg} \alpha_x^\circ = 337,5 \cdot \operatorname{ctg} 80^\circ = 59,4 \text{ м}$$

а загальні координати скупчення риби (точка К) у цій системі координат

$$K(x_K, y_K, z_K) = K(59,4; 0; 337,5)$$

На рис. 4 відображена блок-схема послідовності розрахунків та побудови комп'ютерної програми для визначення координат виявленого пошуковими суднами скупчення риби. Розрахункова блок-схема передбачає введення табличних вхідних даних, до яких належать модель та кількість пошукових суден, характеристика їх просторового розташування та переміщень, ширина пошукової смуги під час пошуків скупчень риби тощо.

Безпосередньо розрахунок передбачає декілька етапів. Зокрема, визначення віддалі від базового риболовного судна до допоміжного пошукового судна, розрахунок координат проєкцій проєктуючих променів пошукової апаратури суден, визначення довжини генерованих проєктуючих променів, спрямованих на виявлене скупчення риби тощо (таблиця 2).

На підставі цих даних розраховують координати скупчення риби і перевіряють їх точність. У випадку розбіжностей прорахованих по кожному із пошукових суден даних уточнюють кути нахилу та довжини проєктуючих променів радіолокаційної станції риболовного судна та аналогічні дані допоміжного пошукового судна (рис. 4).

Обговорення результатів дослідження і можливостей його промислового використання. Впровадження методик та засобів кінематичного проектування у практику промислового вилову риби незаперечно буде пов'язано із певними додатковими фінансовими затратами. Перш за все, доведеться придбати додатковий допоміжний плавучий засіб, наприклад, моторизований пошуковий катер та оснастити його гідроакустичною розвідувальною апаратурою. Додатково знадобляться ще і сучасна швидкодіюча обчислювальна техніка із відповідним її програмним забезпеченням. Необхідні будуть також надійні засоби радіозв'язку та передачі цифрової інформації між основним та допоміжним суднами.

Проте майже вдвічі збільшені площі пошукових переміщень, а відповідно і обстежених ділянок акваторій морської поверхні, до того ж при зменшенні сумарних витрат палива, відкривають обнадійливі перспективи на широке промислове застосування засобів кінематичного проектування для інтенсифікації пошуку скупчень риби. У загальному це пропорційно повинно зменшити трудозатрати на пошукові роботи.

Поряд з тим, використання кінематичного проектування для уточнення координат скупчень риби, а також для надання інформації про обсяги риби у виявлених її скупченнях полегшить команді риболовного судна у прийнятті зважених рішень стосовно доцільності промислового вилову риби саме із цього виявленого обстеженого її скупчення.

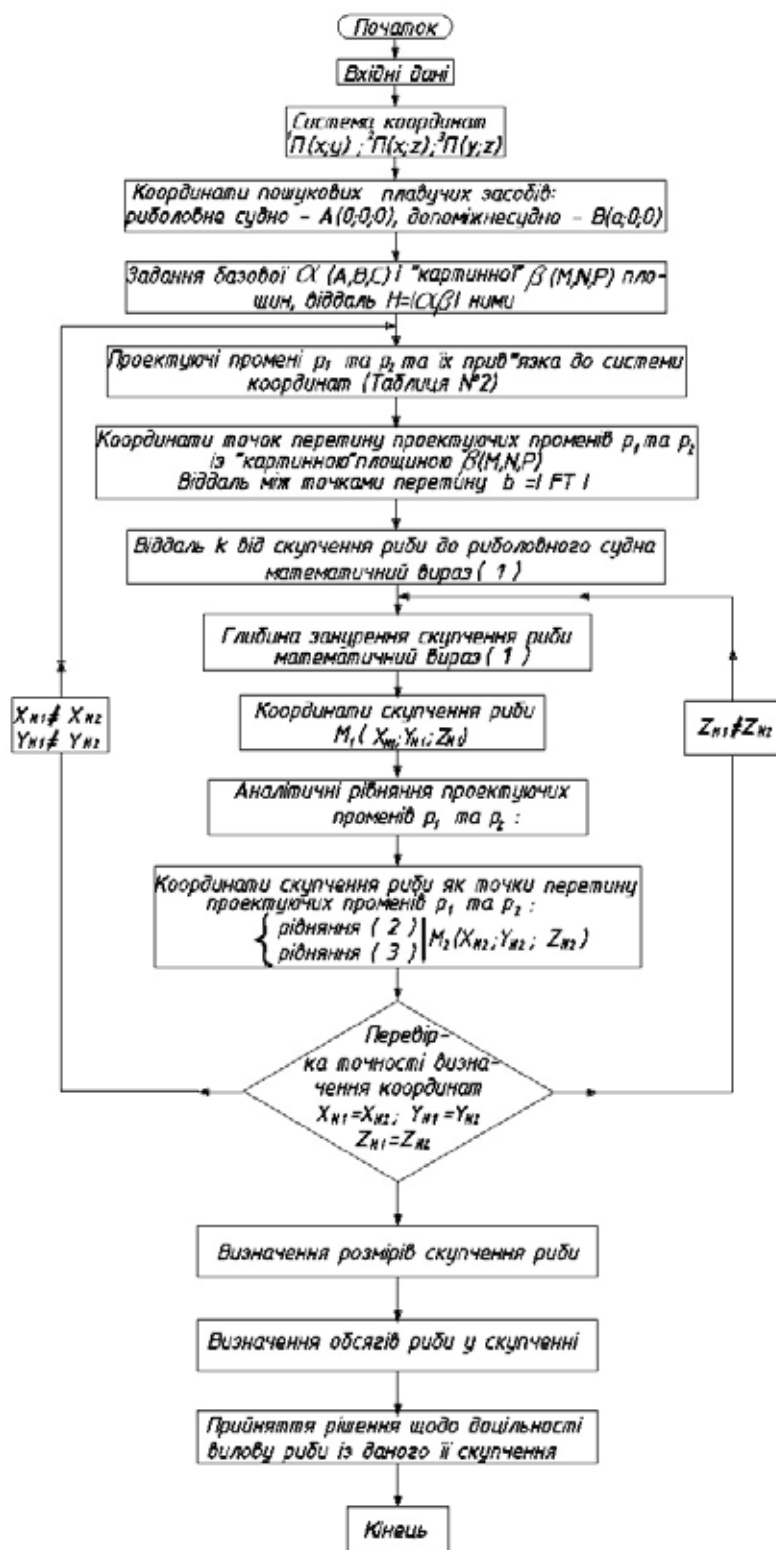


Рис. 4. Блок-схема розрахунків координат виявленого скупчення риби

Таким чином, виходячи з того, що використання для пошуків скупчень риби засобів кінематичного проектування спроможне майже на третину зменшити витрати палива на пошукові переміщення суден, тобто пропорційно на стільки ж збільшити площі обстежених пошукових ділянок, є цілком виправданим сподівання і на більш-менш пропорційне нарощування обсягів виловленої риби. Тому правомірно сподіватись, що грошові затрати на впровадження у промислове риболовство засобів кінематичного проектування повинні доволі швидко окупитись.

Так за наближеними підрахунками для відповідного оснащення риболовецького судна засобами кінематичного проектування, включно із придбанням допоміжного пошукового катера, гідроакустичної апаратури до нього та обчислювальної техніки із належним їй програмним забезпеченням знадобиться приблизно до 2,5–3 млн. грн. У даному випадку для наближених підрахунків доречно допустити, що на 1 км пошукових переміщень великотоннажне риболовне судно витратить приблизно 100 літрів дизельного палива вартістю біля 50 грн/л у цінах сьогодення. Також правомірно передбачити, що застосування додаткового пошукового моторизованого катера дозволить приблизно на 10 км зменшити пройдену основним риболовним судном відстань у кожному із його виходів на промисел.

Отже на кожному із виходів риболовного судна у море на промисел економія палива у середньому сягатиме біля 1000 літрів. У грошовому еквіваленті це становитиме $1000 \text{ л} \cdot 50 \frac{\text{грн}}{\text{л}} = 5 \cdot 10^4 \text{ грн}$. Тоді затрати на облаштування на даному судні засобів кінематичного проектування можуть бути відшкодованими за $\frac{2 \cdot 10^6}{5 \cdot 10^4} = 40$ разів, тобто орієнтовно на 40 промислових виходів у море на промисел. А це орієнтовно лише один рік експлуатації риболовного судна. До того ж тут не враховано можливі прибутки від нарощування обсягів вилову риби завдяки збільшенню площі ділянок її пошуків.

Окрім інтенсифікації вилову риби Україною у акваторіях Чорного та Азовського морів, застосування кінематичного проектування дозволить збільшити вилов риби із порівняно неглибоких прісноводних водойм Дніпровського та Дністерського водних басейнів України. Забезпечиться це завдяки зменшенню негативного впливу хибних відбитих від дна водойми пошукових сигналів гідролокаторів, які нівелюються кінематичним проектуванням.

Незаперечно, викладений матеріал нашого теоретичного дослідження необхідно піддати ґрунтовій експериментальній перевірці. І бажано перевірці не у лабораторних умовах, а в умовах повноцінних прискіпливих натурних випробувань. Авторам цього теоретичного дослідження провести самотужки натурні випробування не вдасться. Тому запрошуємо усіх зацікавлених осіб, установ та організацій до спільних випробувань та подальшого промислового впровадження їх результатів.

Висновки.

1. Досвід промислового вилову риби у морських глибинах та великих прісноводних водоймах переконливо засвідчує, що із загальних трудозатрат на вилов риби до 60–70% їх обсягу припадає на пошук скупчень риби у межах виділених на її вилов ділянок водного плеса. Аналіз застосовуваної для пошуків риби апаратури та сучасних методик пошуків скупчень риби засвідчує потребу в теоретичному

обґрунтуванні методик пошуку із метою оптимізації трудозатрат на переміщення риболовних суден у пошуках промислово придатних скупчень риби.

2. Методика кінематичного проектування у застосуванні для пошуків скупчень риби дозволяють майже на третину скоротити пошукові переміщення риболовних суден та пропорційні цьому витрати палива на роботу привідних двигунів. Водночас застосування кінематичного проектування усуває вплив на точність визначення координат скупчень риби хибних відбитих від дна водойми зворотніх сигналів.

3. Основним джерелом додаткових витрат на запровадження кінематичного проектування для пошуків скупчень риби є потреба у допоміжному плавучому пошуковому судні, що оснащено гідроакустичною пошуковою апаратурою, а також облаштування на риболовному судні обчислювальної апаратури із належним їй програмним забезпеченням. Очікується, що ці додаткові витрати будуть покриті за 1–1,5 років активної експлуатації цього устаткування.

4. Застосування додаткових малогабаритних пошукових суден у 1,5–2 рази збільшує площу пошукових ділянок, пропорційно зменшуючи на 25–30% сумарні витрати палива на пошукові переміщення риболовного та допоміжного суден. Як оптимальна траєкторія пошукових переміщень суден рекомендується траєкторія по спіралі Архімеда із міжвитковим кроком, що пропорційний радіусу ефективної дії пошукової апаратури риболовного та допоміжного суден.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ю.Б.Юдович. Промысловая разведка рыбы. М.: Пищевая промышленность. 1974 – с. 238.
2. Афтаназів І.С., Стоцько Р.З., Шевчук А.О., Строган О.І., Бойко О.О. Визначення координат та параметрів руху безпілотних літальних апаратів. *Системи озброєння і військова техніка*. 2022. №3. (71) С. 49–59.
3. Svidrak I. G., Aftanaziv I. S., Shevchuk L. I., Strogan O. Determination of coordinates of unmanned aircrafts by means of kinematic projection *Mathematical Modeling and Computing*, – 2022. Vol. 9, № 2. P. 459–469. doi: <https://doi.org/10.23939/mmc2022.02.459>
4. Тикунов А.И. Рыбопоисковые приборы и комплексы: *Учебник. Л.: Судостроение*, 1989. 288 с: ил.
5. 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.
6. Кудрявцев В.И. Гидроакустика рыбохозяйственная. *Учебное пособие. М.: Изд-во ВНИРО*, 2018. С. 460
7. Павлов Г.И. Промысловые гидроакустические приборы / Г.И. Павлов. М.: *Агропромиздат*, 2017. С. 286
8. Давыдов В.С., Нгуен Т.Т., Хренов М.Ю. Методы повышения дальности распознавания рыбных скоплений на фоне донных отражений, «*Радиоэлектроника известия высших учебных заведений России*». Выпуск 1. 2004, С. 17–26.

9. Букатый В.М. Поиск объектов промысла. *Калининград*, 2000. С. 208.
10. О.П. Калиновська, В.В. Глоговський, І.Г. Пулькевич. Локаційні задачі кінематичних проєкційних відображень. Пр. Льв. *Міжнар. наук.-метод. конф. з геометричного моделювання, інж. та комп. граф.* Л., 1994. С. 37.
11. О.П. Калиновская, В.В. Глоговский, И.Г. Пулькевич. К проблеме единой теории проекционных отображений. *Прикл. геом. и инж. граф.* – Вып. 57 – 1994, С. 45–50
12. Афтаназів І. С., Шевчук Л. І., Строган О. І., Струтинська Л. Р Вдосконалення пошуку скупчень риби засобами кінематичного проєкування. *Судноводіння* 2022. – Вип. 33. – С. 18–31.

REFERENCES

1. Judovich Ju. B. (1974). Industrial exploration of fish [Pishhevaja-promyshlennost]. *Promyslovaja razvedka ryby*, 238, [in Russian].
2. Aftanaziv I.S., Stoc'ko R.Z., Shevchuk A.O, Strohan O.I., Bojko O.O. (2022). Determination of coordinates and movement parameters of unmanned aerial vehicles [Vyznachennja koordynat ta parametriv ruhu bezpilotnyh lital'nyh aparativ]. *Systemy ozbrojennja i vijs'kova tehnika*, 3 (71), 49–59. [in Ukrainian].
3. Svidrak, I.G., Aftanaziv, I.S., Shevchuk, L.I. & Strohan, O.I. (2022). Determination of coordinates of unmanned aircrafts by means of kinematic projection. *Mathematical Modeling and Computing*, 9(2), 459–469. doi: <https://doi.org/10.23939/mmc2022.02.459>. [in English].
4. Tykunov A.Y. (1989). Fish-searching devices and complexes [Rybopouyskovye prybory y komplekсы]. *Uchebnyk Sudostroenye*, 288. [in Russian]
5. Kudrjavcev V. Y. (2018). Development of means of hydroacoustic telemetry and telecontrol in the fishery industry [Razvytye sredstv gydroakustycheskoj teletmetryy y teleupravlenija v rybohozajstvennoj otrasly]. *Vserossyjckij nauchno-ysledovatel'skij ynstitut rybnogo hozjajstva y okeanografyy (FGBNU)*, 170, 153–183. [in Russian].
6. Kudrjavcev V.Y. (2018). Hydroacoustics for fisheries [Gydroakustyka rybohozajstvennaja]. *Uchebnoe posobyje*, 460. [in Russian].
7. Pavlov G.Y. (2017). Field hydroacoustic instruments [Promyslovyje gydroakustycheskye prybory]. G.Y. Pavlov. *Agropromyzdat*, 286, [in Russian].
8. Davydov B.C., Nguen T.T., Hrenov M.Ju. (2004). Methods for increasing the range of recognition of fish clusters against the background of bottom reflections [Metody povyshenija dalnosti raspoznavanija rybnyh skoplenij na fone donnyh otrazhenij]. *Radyolektronika yzvestija vysshyh uchebnyh zavedenij Rossyy*, 1, 17–26. [in Russian].
9. Bukatj V.M. (2000). Search for fishery objects [Poysk ob'ektov promysla]. *Kalynyngard*, 208, [in Russian]

10. Kalynovska O.P., Glogovskyj V.V., Pulkevych I.H. (1994). Location problems of kinematic projection mappings [Lokacijni zadachi kinematychnyh proekcijnyh vidobrazhen] *Mizhnar. nauk.-metod. konf. z geometrychnogo modeljuvannja, inzh. ta komp. graf.* 37, [in Russian].
11. Kalynovskaja O.P., Glogovskyj V.V., Pulkevych I.H. (1994) On the problem of a unified theory of projection mappings [K probleme edynoj teoryy proekcyonnyh otobrazhenyj]. *Prykladnaja heometryja i inzhenernaja hrafiika* 57, 45–50, [in Russian].
12. Aftanaziv I.S., Shevchuk L.I., Strogan O.I., Strutyns'ka L.R. (2022). Improving the search for fish clusters by means of kinematic design [Vdoskonalennja poshuku skupchen' ryby zasobamy kinematychnogo proektuvannja]. *Sudnovodinnja*, 33, 18–31, [in Ukrainian].