

УДК 627.7

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.2/37>**Урум Н.С.**

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

Майданевич С.Б.

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

Іваненко В.М.

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

Трофименко І.В.

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

МОРСЬКИЙ СЕКСТАНТ: ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ, ЕТАПИ І ШЛЯХИ РОЗВИТКУ, КРАЩІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ

Метою роботи є огляд історії розвитку морського секстанту, його ролі у виконанні завдань суднової дії, необхідність розуміння застосування небесних світил у розв'язанні навігаційних задач. Поставлена мета досягається шляхом визначення необхідних засобів та методів, що дозволяють штурману виявити місцеположення судна за допомогою спостережень за астрономічними об'єктами: альманах або таблиця для прогнозування положення визначених небесних світил відносно визначеної обсерваторії; засіб для визначення часу; точні карти для визначення свого місцерозташування; ефективний математичний метод для проведення необхідних розрахунків; кутомірний інструмент для вимірювання кута нахилу небесного тіла над горизонтом. Для вирішення завдання показана динаміка розвитку технічних засобів – камали, астролябії, квадранта, які використовували для морської навігації у стародавньому світі. Доведена конструкція та принцип роботи морської астролябії, її основні переваги та недоліки. Наведений хрестовий посох як приклад еволюції засобів небесної навігації з його принципом застосування у порівнянні з іншими інструментами той епохи. Вивчений подальший розвиток хрестового штативу – штатив Девіса, показана складність його використання при спостереженні за Місяцем, планетами або зірками. Доведена революційна роль Джона Хедлі та Томаса Годфрі у розробці секстанта, в якому реалізували принцип використання двох дзеркал для подвійного відбиття оптичних хвиль. Наведені приклади деяких приборів, виконаних протягом XVIII-XIX століть, еволюція матеріалів та точності шкал вимірювання. Проаналізовані роботи Х. Лімбаху, Джона Берді, Джессі Рамсдена, особливості приладів, що вони створили, напрямки, на яких вони мали сконцентруватися для усунення виявлених недоліків. Сконцентровано увагу на винахід високоточного "розподільчого механізму" Джессі Рамсденом для підвищення точності шкали секстанта. Розглянуто проблему необхідності штучного горизонту для визначення свого місця розташування судна та її практичні розв'язання. Показані шляхи розвитку секстантів у XX столітті, проблеми точної навігації в авіації та підводному флоті, знайдені технічні рішення. Обґрунтовано перехід до застосування супутникових навігаційних систем для підвищення якості навігації суден.

Ключові слова: секстант, судно, місцеположення, вимірювання кута, горизонт, ртутний штучний горизонт, астрономічний об'єкт, астронавігація.

Постановка проблеми. Головним завданням морехідної астрономії є розробка способів визначення місця судна в морі за небесними світилами, а також допомога в коригуванні курсу. Тому при вивченні цієї науки багато часу приділяється ознайомленню з різними приборами та інструментами, які допомагають навігаторам у розв'язанні цих складних завдань.

Астрономічний секстант представляє собою прилад, на шкалі якого зображена шоста частина кола (60°). Здебільшого він використовувався в астроме-

трії для вимірювання положення зірок. У більшості випадків секстант був регульованим інструментом, який дозволяв вимірювати кутові відстані між двома зірками в будь-якій площині. Але технічний прогрес витіснив секстант з лінійки основних засобів визначення місцеположення судна. Він був замінений іншими, більш точними і потужними інструментами, такими як транзитні телескопи, супутники та ін. Історія науки і техніки знає, крім морських, ще два інших типи астрономічних секстантів, які включають в себе настінні і рамкові інструменти.

Навігаційний секстант – це навігаційний інструмент із дворазовим відбиттям світової хвилі, який використовують для вимірювання кута між двома видимими об'єктами. Насамперед цей інструмент використовували для визначення кута між астрономічними об'єктами (Сонцем, Місяцем, планетами і зірками) у небі та горизонтом для небесної навігації або астронавігації. Це давало змогу штурману переміщатися в просторі без необхідності покладатися на приблизні розрахунки, щоб дізнатися своє положення. Найчастіше використовували Сонце, проте навігатори могли також використовувати Місяць, планету або одну з 57 навігаційних зірок.

У стародавні часи при виході мореплавця з порту він просто вимірював висоту Полярної зірки. При поверненні додому після плавання його завданням було лише приведення Полярної зірки на висоту первісного порту, а потім «плисти вниз по широті», зберігаючи постійний кут нахилу Полярної зірки. Виконувати це завдання допомагали різні прилади, основним з яких був секстант. Історію його розвитку, причини саме таких підходів щодо побудови конструкції приладу у повному обсязі не розглянуто. Тому актуальним завданням є доповнення та комплексне узагальнення причин і наслідків вибору певних технічних рішень при побудові конструкції секстана, визначення його ролі у розвитку навігаційної безпеки судноплавства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок у рішення розвитку астронавігації внесли результати наукових досліджень Шульгіна Г.І., Файна Г.І., Красавцева Б.І., Хлюстіна Б.П., Тітова Р.Ю., Н. Schlereth, Р. Moore та ін.

У роботі [1] наведена історія розвитку секстанта, його принципів відмінності від квадранта, причини трансформації останнього у секстант.

У роботах [2-5, 9, 11, 16] надається інформація щодо розвитку приладу. Наведені дані щодо вкладу окремих вчених і винахідників стародавнього світу у розробку секстанта, в оформлення окремих принципів доробок, у причини внесення змін у конструкцію прибору.

У роботах [6-8] відзначається різниця між астрономічним та морським секстантом. Детально розглядаються особливості виконання настінних секстантів, доводяться причини, за якими їх неможливо використовувати в явному вигляді у морській справі.

Роботи [10, 15] присвячені застосуванням секстантів. Особлива увага приділяється корегуванню спостережень при інструментальних помилках, визначенні широти, довготи та часу

з використанням різних методів та прийомів на морі та суходолі. У роботі наведені численні приклади розв'язання практичних навігаційних задач та наведені допоміжні таблиці.

У роботі [12] розповідається про принципи функціонування секстанта, про правила їх користування у складних метеорологічних умовах, про деякі способи усунення грубих помилок.

Робота [13] має на меті надати основи математичних знань для виконання розрахунків, пов'язаних з визначенням місцеположення об'єкта за допомогою небесних світил. Основна увага приділяється розумінню тригонометричних залежностей.

У роботі [14] розглядаються основні способи і методи корекції широти, визначеної за допомогою секстанта, наведені прийоми щодо зменшення похибок при зніманні інформації.

Мета статті (постановка завдання). Метою роботи є огляд історії розвитку морського секстанта, його ролі у виконанні завдань судноводіння, необхідність розуміння застосування небесних світил у розв'язанні навігаційних задач.

Виклад основного матеріалу дослідження. Якщо потрібно знати про своє місцеположення, знаходячись на морському сучасному судні, відповідь приходить відразу: загляніть на дані електронних систем судна. І помилка, як правило не складе більше декількох метрів. А якщо припустимо майже неможливе, всі електронні системи раптом вийшли з ладу через проблеми з електрикою або хакерську атаку на гаджети, більшість з нас загляне у свої телефони, де також з припустимою точністю знайде координати об'єкта. Припустимо ще більш цікавий і важкий сценарій: немає зв'язку з супутниками. На допомогу прийде штурман судна, який має необхідні знання, навички, технічні засоби і буде шукати небесні світила, за допомогою яких він завжди зможе знайти координати на водній поверхні та зберегти судно, життя пасажирів та його команди і цінні вантажі.

Для визначення місцеположення на земній поверхні, спостерігаючи за обраними небесним навігаційними об'єктами, штурману потрібні:

1) альманах для прогнозування положення визначених небесних світил на роки наперед відносно обсерваторії, яка визначена за первинну точку відліку при відліку даних альманаху (зазвичай Гринвіцька обсерваторія);

2) хронометр чи інший засіб для визначення часу в обраній обсерваторії;

3) точні карти для визначення свого місцерозташування за широтою і довготою або щодо суші чи небезпек, пов'язаних зі скелями і мілинами;

4) швидкий і простий математичний метод для проведення розрахунків за наявними даними небесних спостережень до положення на карті;

5) кутомірний інструмент, наприклад секстант, для вимірювання кута нахилу небесного тіла над горизонтальною лінією відліку.

Розглянемо, як навігатори вже протягом більше двох тисячоліть використовують зірки, Сонцем Місяць і планети для побудови свого шляху по безмежному морю. Для зручності мову будемо вести про північну півкулю. Розглянемо саму відому зірку – Полярну. На Північному полюсі (широта 90°) Полярна зірка знаходиться прямо над головою на висоті 90° . Навпаки, на екваторі (широта 0°) вона знаходиться на горизонті, тобто на висоті 0° . Отже, наші попередники знали, що нахил Полярної зірки над горизонтом є прямим показником земної широти. Наприклад, Полярна зірка над Ізмаїлом знаходиться на висоті близько 40.35° , тобто це – широта міста.

Так і у стародавні часи мореплавець, який відпливав за межі видимості суходолу, просто вимірював висоту Полярної зірки у порту приписки. Для повернення після довгого плавання у початкову точку мореплавець мав йти на північ або південь для досягнення Полярною зіркою висоти порту приписки. А потім він мав повернути ліворуч або праворуч і рухатися за широтою, щоб Полярна зірка знаходилася під постійним кутом.

Про таку техніку навігації знали моряки всього стародавнього світу. Араби, наприклад, у ранні часи використовували великий палець і мізинець завширшки на витягнутій руці або стрілу на відстані витягнутої руки, щоб бачити горизонт на нижньому кінці і Полярну зірку на верхньому. Трохи пізніше для спостережень вони використовували камал. Це простий пристрій, що являв собою вузли на шнурі, прикріпленому до різьбленого транця з червоного дерева. Перед тим як покинути порт, штурман зав'язував вузол на шнурі, щоб, тримаючи його в зубах, бачити Полярну зірку вздовж верхньої частини транця і горизонт уздовж нижньої. При поверненні в порт, штурман плів на північ або на південь, приводячи Полярну зірку на висоту, яку він спостерігав, коли залишав порт, а далі плів униз за широтою.

Для досягнення високої точності на той час арабські мореплавці стали зав'язувати вузли на мотузці з інтервалом у ширину пальця – один ісабах («ісабах» від араб. «палець»), що дорівнювало один градус 36 хвилин. Араби вели журнал різних портів, які вони часто відвідували, де записували, який вузол на камалі відповідає висоті Полярної зірки для кожного порту.

Астролябія (від давньогрецького «astro» означає «зірка», а «labe» – «брати» або «знаходити») вперше з'явилася у Стародавній Греції. В астролябії реалізований принцип стереографічної проекції, що переводить кола на сфері в кола на площині. Для цього до складу прибору входить барабан з намальованим небом із зодіакальним колом. Основним призначенням астролябії спочатку було визначення часу і тривалості дня і ночі. Остаточний вигляд астролябії набула у IV ст. н. е.

Згодом на ісламському Сході вдосконалили астролябію і знайшли для неї нове застосування – виконання деяких математичних обчислень і астрологічні прогнозування. Відомо чимало творів середньовічних ісламських авторів про різні конструкції та застосування астролябії.

З XII століття астролябії потрапляють у Західну Європу. На досвіді арабських інструментів почалося власне виробництво, яке досягло свого піку в епоху Відродження (XV–XVI ст.).

Відома астрономічна астролябія арабського астронома Хаджі Алі з Кервали виготовлена близько 1790 року і призначалася для визначення часу сходу і заходу сонця, а також висоти сонця й окремих зірок. Її діаметр становить близько 3,5 дюймів (рис. 1). Важливо, що пристрій використовували для визначення напрямку на Мекку під час ранкових і вечірніх молитов побожних мусульман. Астролябії астронома через їх чудове художнє оформлення стали предметом моди і колекціонування при королівських дворах і, разом з тим, прабатьком квадранта й астролябії моряка.

Квадрант мореплавця виконувався з чверті кола з дерева або латуні та став використовуватися для навігації близько з 1200-х років, набувши широку популярність з 1450 року. Латунний квадрант моряка мав шкалу у 90° , розділену на цілі градуси (рис. 2). За допомогою відвісу встановлювалася вертикальна лінія відліку.



Рис. 1. Вигляд арабської астролябії



Рис. 2. Латунний квадрант мореплавця

Отже, моряки у Середні віки могли відзначати на своєму квадранті спостережувану висоту Полярної зірки в обраних портах заходу так само, як арабський моряк зав'язує вузол на шнурку свого камала. Як альтернативу мореплавці записували висоту Полярної зірки кількісно в градусах у різних портах. Незабаром було опубліковано списки висот багатьох портів, щоб мореплавець міг орієнтуватися на них уздовж і впоперек узбережжя.

Полярна зірка зникає за горизонтом, коли мореплавець перетинає екватор, прямуючи на південь. Спочатку у стародавніх мореплавців виникали труднощі при навігації за екватором у південних морях. Але у 1480 році португальські астрономи розробили спосіб визначення широти за положенням Сонця, коли воно рухається на північ і південь від екватора залежно від пори року. Згідно цього способу, мореплавець міг розрахувати свою широту, використовуючи свій квадрант для визначення найбільшої висоти Сонця в місцевий видимий полудень і роблячи просту поправку на положення світила на північ або південь від екватора залежно від дати.

Квадрант забезпечував вимірювання висоти Полярної зірки або Сонця в градусах і пов'язував це число з географічною широтою. Але у морській небесній навігації квадрант мав два основних обмеження у застосуванні: труднощі вертикального витримання квадранта точно в площині небесного тіла на вітряній палубі; сильний вплив вітру на інструмент.

Основу морської астролябії склала астрономічна, з якої видалили усі складні шкали, залишивши тільки просту кругову шкалу з градусною розміткою. На обертовій алідаді розташовувалися візирні піннули (рис. 3).

Тримаючи прилад на рівні очей, користувач міг спостерігати за зіркою через піннули і визначати висоту зірки за точкою перетину алідади зі шкалою. Для спостереження за сонцем астролябію вільно підвішували, а алідаду регулювали так,

щоб промінь сонячного світла проходив через отвір у верхній лопатці і падав точно на отвір у нижній лопатці (рис. 4).



Рис. 3. Астролябія-квадрант

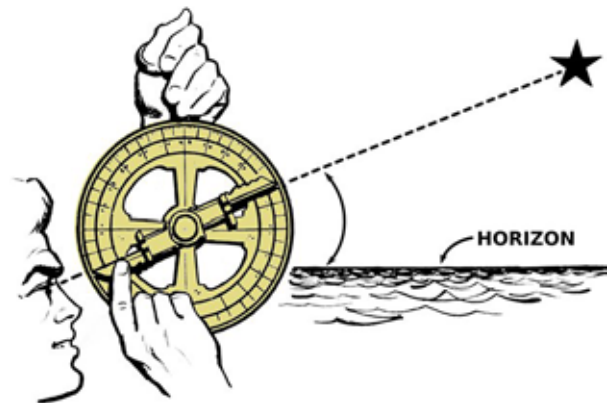


Рис. 4. Визначення висоти світила за допомогою астролябії

Прилади небесної навігації постійно розвивалися і подальшим кроком їхньої еволюції став хрестовий посох (поперечний штатив). Вертикальна частина, ригель або лімба, ковзає по палиці так, що зірку видно над верхнім краєм ригеля, а горизонт суміщений із нижнім краєм. Користувач однією рукою підносить хрестоподібну палицю до своїх очей, а за допомогою ригеля, затиснутого в іншій руці, прицілювався у зірку.

Спочатку хрестові штативи склалися тільки з двох частин – стафа (штатива) і ригеля. Згодом стали використовувати чотири ригелі різної довжини, що відповідали різним шкалам – 90, 60, 30 і 10 градусів. Навігатор одночасно користувався тільки одним ригелем. Але головна складність при використанні приладу полягала в тому, що спостерігач мав одразу дивитися й уздовж нижньої частини транця на горизонт, і вздовж верхньої частини – на Сонце або зірку, витримуючи рівновагу на палубі, що хитається.

У XII столітті одним із найпопулярніших інструментів став квадрант Девіса або бакштаг (рисунок 5), який міг вимірювати до 90° , тобто чверть кола. Спостерігач визначав висоту сонця, спостерігаючи за його тінню і одночасно бачив горизонт. Квадранти Девіса були відносно недорогими та міцним і пропрацювали понад 150 років, склавши добру конкуренцію набагато складнішим приладам з оптикою подвійного відбиття.



Рис. 5. Зовнішній вигляд квадранта Девіса

У штативі Девіса, на відміну від хрестового, при візуванні штурман через проріз у горизонтальній лопатці дивився тільки на горизонт, одночасно поєднуючи тінь тіньової лопатки з прорізом у горизонтальній лопатці. Але така конструкція штативу, в якому використовувалося зворотнє візування, дуже заважала спостерігати за Місяцем, планетами або зірками. Тому на переломі 1600-их і 1700-их рр. для спостереження за нічними небесними тілами стали використовувати оптичні системи на основі дзеркал і призм.

Джон Хедлі в Англії та Томас Годфрі, скляр із Філадельфії, незалежно близько 1731 року розробили попередника сучасного секстанта, в якому був реалізований принцип використання двох дзеркал для створення приладу з подвійним відбиттям. Прилад тримають вертикально і направляють на небесне тіло. Спостерігач дивиться на горизонт через незазвичайну частину дзеркала горизонту. Важіль регулюється доти, доки зображення світила, відбите спочатку вказівним дзеркалом, а потім посрібленою частиною дзеркала горизонту, не опиниться на горизонті. Висоту небесного тіла можна визначити за шкалою на дузі оправи приладу.

Перші октанти Хедлі з подвійним відображенням, виготовлені з цільного листа латуні, були важкими і чинили великий опір вітру. Їх швидко замінили легші більшого розміру дерев'яні інструменти, які мали більш точні шкали і значно менший опір вітру.

Октант Хедлі 1731 року став за конструкцією основним прототипом сучасного секстанта, який реально функціонував за принципом «наві-

і зняв». Приціл було легко вирівняти, бо горизонт і зірка, здавалося, рухалися разом, коли корабель нахилився і хитався.

Отже, навігатори вже протягом багатьох століть вміли визначати широту, але не знали як точно розраховувати довготу якогось місця. Насправді, знали, але головним боєм залишалася відсутність способу точного вимірювання часу. Годинникарі винаходили хитромудрі механічні пристрої, а на початку XVIII століття астрономи розробили метод передбачення кутової відстані між Місяцем і Сонцем, планетами або обраними зірками. Тепер мореплавець міг розрахувати час, коли Місяць і небесне тіло перебуватимуть точно на цій кутовій відстані, а потім порівняти показання корабельного хронометра з часом у національній обсерваторії. Знаючи правильний час, штурман міг визначити довготу.

Уявимо, що Місяць як стрілка годинника рухається циферблатом, представленим іншими небесними тілами. Використовуючи цей метод, Коли сонце проходить меридіан в Ізмаїлі, місцевий сонячний час дорівнює 12:00, а в цей момент – 10:05 за Гринвічем. Пам'ятаючи, що 15 градусів довготи еквівалентні одній годині часу, ми отримуємо довготу 28 градусів 83 хвилини на схід від Гринвіча.

Октант, який вимірює кути до 90° , дуже підходить для спостережень небесних тіл над горизонтом. Але для спостережень місячних відстаней необхідний більший діапазон кутів. Збільшити октант Хедлі до секстанта, який міг вимірювати кути до 120 градусів, було дуже просто. Наведемо деякі прилади, виконані протягом XVIII–XIX ст.

У першій половині XVIII століття сформувався тенденція повернення до октантів і секстантів з дерев'яною рамою для отримання більш легких, порівняно з латунними, інструментів.

Джон Берд свій перший секстант виготовив у 1759 році. Рама, виконана з червоного дерева зі шкалою зі слонов'ячої кістки, була настільки великою і важкою, що для її утримання була необхідна підставка.

Гарний зразок секстанта роботи Х. Лімбах з оправою з чорного дерева, щільна деревина якого стійка до вологості. Шкала і верньєр нанесені на слонов'ячу кістку. Конструкція не була вдалою, оскільки ебенове дерево часто розщеплювалося на довгій дузі секстанта.

Але конструкції секстантів вимагали зменшення ваги рами й опору вітру та мінімальної зміни габаритів при зміні температури (рис. 6).

Найкращим виробником інструментів XVIII століття вважають англійця Джессі Рамсдена. Він при-

думав високоточний «розподільчий механізм» для ділення шкали на градуси і частки градусів. Завдяки йому, винахіднику вдалося досягти безпрецедентної точності для розвитку техніки свого часу.

На рис. 7 наведений невеликий латунний секстант, який Рамсен виготовив незадовго до своєї смерті у 1800 році. Цей пентант, а не секстант, мав дуже цікаву конструкцію і займав п'яту частину кола, радіус якого становить усього $4\frac{1}{2}$ дюйма. Шкала на сріблі розділена від мінус 5 градусів до 155 градусів, кожен градус розділений ще на три частини по 20 кутових хвилин. Причому шкала скошена під кутом 45 градусів до оправи.

Розробка більш точної поділки шкали стала важливою віхою в розвитку навігаційних приладів для проведення точніших спостережень і, відповідно, створення компактніших, легших та зручніших приладів.



Рис. 6. Рами секстантів

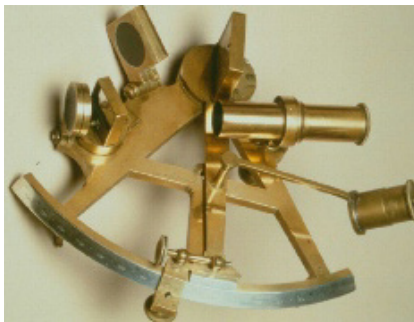


Рис. 7. Рамсенський пентант

Протягом сотень років фахівці билися над розв'язанням проблеми визначення свого місцезнаходження в умовах відсутності видимості горизонту, сонця чи зірок. У першій чверті XVIII століття виробники почали розробляти штучні горизонти для використання з квадрантами.

Один з прикладів таких напрацювань це – ртутний штучний горизонт, який являє собою пентанту, здатну вимірювати кути до 170 градусів; встановлену на розбірній алюмінієвій підставці. Для формування блискучої горизонтальної поверхні для уловлювання відображення небес-

ного тіла ртуть виливали із залізної пляшки у ванночку. А трикутний скляний тент над ванночкою захищав її поверхню від вітру (рис. 8).

Джон Чарльз Фрімонт використовував секстант і ртутний штучний горизонт для визначення місця розташування під час експедиції 1842 року (рис. 9). Секстант спрямували вниз, щоб побачити відображення небесного тіла на поверхні ртутного басейну через прозору частину скла горизонту, водночас регулюючи систему покажчиків, щоб зблизити зображення, відбите двома дзеркалами. Ртутний штучний горизонт було важко використати на кораблі з похилою палубою. Залізну пляшку занурювали в корито для формування блискучої горизонтальної поверхні, що дозволяла вловлювати відображення небесного тіла. Трикутний скляний тент був поміщений над коритом, щоб вітер не заважав поверхні.



Рис. 8. Ртутний штучний горизонт



Рис. 9. Використання секстанта і ртутного штучного горизонту під час експедиції Джона Чарльза Фрімонта

Дослідники і картографи потребують штучний горизонт, коли вони не можуть бачити природ-

ного. Але є два класи сучасних навігаторів – це авіатори і підводники, яким абсолютно необхідний штучний горизонт. Авіатори часто літають над хмарами і не можуть знайти природний горизонт, а коли його знаходять, то він є так далеко під собою, що виявляється марним. І навпаки, підводники під водою зовсім не видять горизонту, і навіть на поверхні води він є таким низьким, що вид на горизонт є ненадійним. На початку ери повітроплавства пілоти намагалися використовувати звичайні морські секстанти, але майже відразу виявилася їхня потреба в приладах штучного горизонту. Тому, саме унікальні потреби авіаторів стимулювали вдосконалення секстантів протягом ХХ століття. Оптична концепція секстантів, використовуваних на повітряних кулях, полягає у відбитті зображення бульбашки від маленького спиртового рівня в лінію візування, тож бульбашку і небесне тіло можна побачити одночасно.

Стрімкий розвиток літальних апаратів під час Першої світової війни призвів потреби в точних навігаційних приладах і в нових методах, які залежали від штучних горизонтів. Одним з таких пристроїв є гіроскопічний авіаційний секстант початку 1920-их років, виготовлений французькою компанією La Precision Moderne. Обертове дзеркало, встановлене на верхній частині гіроскопа з повітряним приводом, відображає зображення небесного тіла на лінії візування, як і у випадку зі старомодним ртутним штучним горизонтом.

Трансатлантичний переліт португальців пілота Сакадурі Кабрала і штурмана адмірала Гаго Коутінью у 1919 році з Островів Зеленого Мису до Ріо-де-Жанейро стали новим кроком у розвитку секстантів зі штучним горизонтом. В основі конструкції, розробленої адміралом Гаго Коутінью, лежали дві трубки спиртового рівня – одна для підтримки секстанта в горизонтальному положенні, а інша – у вертикальному.

Португальський флот, якому належали права на розробку, уклав контракт із престижною німецькою фірмою С. Plath на виробництво. У 1929 році було здійснено навколосвітнє плавання на дирижаблі Graf Zeppelin з використанням секстанта Коутінью, конструкція якого стала хітом Берлінського авіасалону 1930 року.

Крім штучного горизонту, авіаційні секстанти потребували пристрою для усереднення значень шести або восьми прицілів, зроблених поспіль, для згладжування невеликих помилок під час наведення прицілу і компенсації швидкого руху літака.

Друга світова війна потужно вплинула на дизайн і серйозні вдосконалення приладів. Крім

С. Plath, з'явилися американські Fairchild, Link, Pioneer та Agfa-Ansco, японська Tamaya та інші виробники.

До закінчення Другої світової війни ніяких революційних технічних рішень щодо якості секстантів не було. А ось після Другої світової війни стандарт якості для секстантів встановила німецька фірма С. Plath. Розглянемо прибор 1988 року. Серед його пристосувань – несріблене скло горизонту, яке дозволяє спостерігачеві бачити повний горизонт у вигляді прямої лінії через кругле скло горизонту; лінза астигматизатора, яка спотворює зображення зірки в пряму лінію для точного вирівнювання з лінією горизонту; швидкознімний барабанний мікромметр, який зчитує з точністю до однієї десятої дугової хвилини; система освітлення барабанного мікромметра, що живиться від батарейок, бульбашкова насадка для штучного горизонту і монокулярна підзорна труба. Але не дивлячись на всі ці вигадливі сучасні вдосконалення, оптична система майже не змінилася з 1731 року, коли свій перший секстант розробив Джон Хедлі.

У 1957 році настала космічна ера. У далекому космосі не існує таких понять, як "горизонталь" чи "вертикаль". У перших космічних польотах використовували спеціально сконструйований секстант, який був призначений для вимірювання кута між краями землі або кута між небесними тілами для визначення положення космічного корабля в просторі. Але знову ж таки, стандартом стали електронні методи позиціонування в просторі, перш за все система глобального позиціонування. Замість того, щоб вимірювати кути нахилу небесних тіл над горизонтом, GPS-приймач обчислює наше місцезнаходження, вимірюючи час, необхідний для отримання радіосигналів від трьох або чотирьох із багатьох штучних супутників, які перебувають у відомих позиціях на орбіті навколо Землі.

Висновки. Романтика ручних приладів для зйомки зірок зникає так само швидко, як і невеликий туман над морем у сяючий літній ранок. Всі прилади, що ми розглянули, вже безповоротно застаріли, поступившись місцем GPS. Але ж є ще чимало штурманів старого гарту, які не хочуть відмовлятися від свого морського альманаху, хронометра і секстанта заради цих новомодних електронних штучок. Але час і реалії беруть своє, прогрес не зупинити. І нехай для всіх небайдужих залишиться просте задоволення від спостереження за зіркою, засікання часу, читання альманаху і розрахунків, щоб дізнатися, де перебуває ваше судно.

Список літератури:

1. Soysa, K. (2000). The Quadrant and Sextant. [University of Cambridge]. URL: <http://www.sites.hps.cam.ac.uk/starry/quadrant.html> (дата звернення: 14.01.2023)
2. Ifland, P. (2000, October 03). The history of the Sextant. URL: <http://www.mat.uc.pt/~helios/Mestre/Novemb00/H61iflan.html> (дата звернення: 14.01.2023)
3. Hrsq, & Selin, H. (2008). Encyclopaedia of the history of science, technology, and medicine in non-western cultures (2nd ed.). Berlin: Springer-Verlag New York. Pg. 298. URL: <https://books.google.ca/books?id=kt9DIY1g9HYC&pg=PA2080&lpg=PA2080&dq=Taqial+din+sextant&source=bl&ots=NMB7xJNDcM&sig=Rn> (дата звернення: 13.01.2023)
4. Hutchison, C. (2015, September 24). Types of Sextants. URL: http://www.ehow.com/info_8516864_types-sextants.html (дата звернення: 18.01.2023)
5. Ifland, P. (2000, October 03). The history of the Sextant. URL: http://www.mat.uc.pt/~helios/Mestre/Novemb00/H61if_2.htm (дата звернення: 19.01.2023)
6. N. Conroy, "What is the difference between the sextant used for astronomy and the one used for navigation?,". URL: <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-the-sextant-used-for-astronomy-and-the-one-used-for-navigation>. (дата звернення: 15.01.2023)
7. "Sextant (astronomical) - framed Sextants,". URL: http://www.liquisearch.com/sextant_astronomical/framed_sextants.
8. Tycho Brahe's observations and instruments. (2017, May 30). URL: <https://www2.hao.ucar.edu/Education/FamousSolarPhysicists/tycho-brahes-observations-instruments> (дата звернення: 12.01.2023)
9. Hrsq, & Selin, H. (2008). Encyclopaedia of the history of science, technology, and medicine in non-western cultures (2nd ed.). Berlin: Springer-Verlag New York. Pg. 2081. URL: https://books.google.ca/books?id=kt9DIY1g9HYC&pg=PA2080&lpg=PA2080&dq=Taqial+din+sextant&source=bl&ots=NMB7xJNDcM&sig=Rn7U6gNLHrPdJ1SkTDGAQEIEhg&hl=en&sa=X&ved=0ahUKewiliN_ahKnQAhUI0YMKHeFNAF8Q6AEIXTAR#v=snippet&q=Taqi&f=false (дата звернення: 14.01.2023)
10. W. Simms, "The Sextant and Its Applications: Including the Correction of Observations for Instrumental Errors, and the Determination of Latitude, Time, and Longitude by Various Methods on Land and at Sea, with Examples and Tables," in Google play, 1958. Pg. 62. URL: https://play.google.com/books/reader?id=oDIDAAAQAQAAJ&printsec=frontcover&output=reader&hl=en_GB&pg=GBS.PA62. (дата звернення: 14.01.2023)
11. "The Encyclopaedia Britannica: A dictionary of arts, sciences, literature and general information,". Pg. 750: URL: <https://archive.org/stream/encyclopaediabri24chisrich#page/750/mode/1up>. (дата звернення: 17.01.2023)
12. dan ezzo - izzo, "How a Sextant works," in YouTube, YouTube, 2008. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=HbgPN8jvIG4>. (дата звернення: 16.01.2023)
13. TabletClass Math, "Celestial navigation math," in YouTube, YouTube, 2012. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=XWLZKmpU17M>. (дата звернення: 15.01.2023)
14. Corrections to a Sextant altitude. URL: http://navsoft.com/html/corrections_to_a_sextant_altit.html. (дата звернення: 14.01.2023)
15. W. Simms, "The Sextant and Its Applications: Including the Correction of Observations for Instrumental Errors, and the Determination of Latitude, Time, and Longitude by Various Methods on Land and at Sea, with Examples and Tables," in Google play, 1958. Pg. 99: URL: https://play.google.com/books/reader?id=oDIDAAAQAQAAJ&printsec=frontcover&output=reader&hl=en_GB&pg=GBS.PA99. (дата звернення: 20.01.2023)
16. "The Encyclopaedia Britannica: A dictionary of arts, sciences, literature and general information,". Pg. 296. URL: <https://archive.org/stream/encyclopaediabri19chisrich#page/296/mode/1up>. (дата звернення: 19.01.2023)

Urum N.S., Maidanevych S.B., Ivanenko V.M., Trofymenko I.V. SEA SEXTANT: HISTORY, STAGES AND WAYS OF DEVELOPMENT, BEST TECHNICAL SOLUTIONS

The purpose of this paper is to review the history of the development of the marine sextant, its role in the performance of navigation tasks, and the need to understand the use of celestial bodies in solving navigation problems. This goal is achieved by identifying the necessary means and methods that allow the navigator to determine the position of the vessel by observing astronomical objects: an almanac or table for predicting the position of certain celestial bodies relative to a certain observatory; a means for determining time; accurate maps for determining one's location; an effective mathematical method for performing the necessary calculations; an angular instrument for measuring the angle of inclination of a celestial body above the horizon. To solve the problem, the dynamics of the development of technical means - kamala, astrolabe, quadrant – used for maritime navigation in the ancient world is shown. The design and principle of operation of the marine astrolabe, its main advantages and disadvantages are proved. The cross staff is presented as an example of the evolution of celestial navigation aids with its principle of use in comparison with other instruments of that

era. The further development of the cross staff - the Davis tripod - is studied, the complexity of its use when observing the Moon, planets or stars is shown. The revolutionary role of John Hadley and Thomas Godfrey in the development of the sextant, which realized the principle of using two mirrors for double reflection of optical waves, is proved. Examples of some devices made during the eighteenth and nineteenth centuries, the evolution of materials and the accuracy of measurement scales are given. The works of H. Limbach, John Birdie, Jesse Ramsden, the features of the devices they created, and the directions they had to focus on to eliminate the identified shortcomings are analysed. Attention is focused on the invention of a high-precision "distribution mechanism" by Jesse Ramsden to improve the accuracy of the sextant scale. The problem of the need for an artificial horizon to determine the position of a ship and its practical solutions are considered. The ways of development of sextants in the twentieth century, problems of precise navigation in aviation and submarine fleet are shown, and technical solutions are found. The transition to the use of satellite navigation systems to improve the quality of ship navigation is substantiated.

Key words: sextant, vessel, location, angle measurement, horizon, mercury artificial horizon, astronomical object, astronavigation.