

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Методичні вказівки
до самостійної роботи студентів денної форми навчання
з дисципліни «Інженерна океанологія»
Змістовний модуль
МОРСЬКА ГЕОДЕЗІЯ
Напрямок підготовки - Гідрометеорологія
ПДВ ГМ – 14

Затверджено на засіданні
методичної комісії
гідрометеорологічного інституту
пр. № ___ від "___" _____ 2014 р.
Голова комісії
_____ Овчарук В.А.

Затверджено на засіданні
кафедри океанології та
морського природокористування
пр. № 4 від "30" IX _____ 2014 р.
Завідувач кафедри
_____ Тучковенко Ю.С.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Методичні вказівки
до самостійної роботи студентів денної форми навчання
з дисципліни «Інженерна океанологія»
Змістовний модуль
"МОРСЬКА ГЕОДЕЗІЯ"

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Методичні вказівки
до самостійної роботи студентів денної форми навчання
з дисципліни «Інженерна океанологія»
Змістовний модуль

"МОРСЬКА ГЕОДЕЗІЯ"

Затверджено на засіданні
методичної комісії
гідрометеорологічного інституту
пр. № __ від " __ " _____ 2014 р.

Одеса 2014

Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Інженерна океанологія», змістовний модуль "Морська геодезія", для студентів денної форми навчання за напрямком підготовки «Гідрометеорологія»,
ПДВ ГМ – 14 // Укладач: ст. викладач Даниленко О.О., Одеса, ОДЕКУ, 2014,
45 с., укр. мова.

Зміст

	стор.
Передмова	6
1. Зміст дисципліни та організація самостійної роботи студентів.....	8
1.1. Організація самостійної роботи студентів.....	9
2. Рекомендації по вивченню теоретичного матеріалу.....	12
2.1. Орієнтовний перелік питань до підсумкового контролю.....	29
2.2. Практичні завдання.....	30
3. Рекомендації по підготовці до контрольних робіт.....	38
3.1. Орієнтовні варіанти питань до тестової контрольної роботи...	38
4. Організація поточного та підсумкового контролю знань.....	42
Література.....	45

Передмова

Навчальна дисципліна "Морська геодезія" є однією з вибіркових дисциплін підготовки студентів освітньо-кваліфікаційного рівня – бакалавр за напрямком «Гідрометеорологія», спеціальністю "Гідрографія".

Морська геодезія є розділом прикладної геодезії, у якому вивчають теорію і практику застосування досягнень геодезії для обґрунтування гідрографічних робіт, проектування, будівництва і експлуатації інженерних споруд у відкритому морі та у прибережній зоні.

Склад морських геодезичних робіт залежить від цілей їх проведення. Розрізняють: лінійні вимірювання, що стосуються трасування судноплавних шляхів та каналів і т. інше; площинні – порти, естакади, гідротехнічні споруди і т. інше.

Головною науково – технічною задачею морської геодезії є визначення з відповідною точністю положення точок і об'єктів на морській поверхні, на дні океанів, морів в єдиній системі координат. У морській геодезії можна виділити такі основні напрями:

- створення морських геодезичних мереж;
- топографічне знімання дна океанів і морів;
- геодезичне забезпечення науково – дослідних та пошуково – розвідувальних робіт, які пов'язані з вивченням і всебічним освоєнням Світового океану, та робіт з побудови морських інженерних споруд і прокладання підводних комунікацій;
- вивчення фізичної поверхні і зовнішнього гравітаційного поля Землі у межах Світового океану та їх варіацій з часом;
- розробка і створення спеціалізованих технічних засобів, технологій, методів вимірів та математичної обробки їх результатів.

Сучасними методами в морській геодезії є аерокосмічні. Вони включають аеровізуальні обстеження, топографічну аерокосмічну зйомку, стереоскопічні трасувальні роботи.

В усіх випадках геодезичні роботи є головними при виконанні усього комплексу гідрографічних вимірювань і досліджень.

Після вивчення дисципліни студент повинен **знати** види морських геодезичних вимірювань, геодезичне знімальне обґрунтування, задачі геодезичної підготовки проектів, системи орієнтування у прибережній зоні та у відкритому морі, інженерно – динамічні спостереження, техніку безпеки.

Студент повинен **вміти** практично використовувати нормативну документацію щодо організації морських геодезичних робіт, здійснювати прив'язку об'єктів гідрографічних робіт і морських споруд до Державної геодезичної мережі, використовувати геодезичні і навігаційні прилади для вирішення морських геодезичних задач, використовувати різні системи

координат для геодезичного обґрунтування гідрографічних, проектувальних і дослідницьких робіт.

Дисципліна "Морська геодезія" базується на Положеннях природничих та загальноосвітніх дисциплін, вузівських курсах: "Вища математика", "Фізика", "Основи геодезії", "Астрономія", "Фізична океанологія", "Методи гідрометеорологічних вимірювань".

У подальшому буде використовуватися у дисциплінах: "Гідрографія", "Технічні засоби та автоматизація гідрографічних досліджень", для вирішення практичних завдань у професійній роботі, а також як базові знання при дипломному проектуванні.

Вказівки складаються з рекомендацій до виконання різних видів робіт, а саме:

- самостійному вивченню окремих тем основних теоретичних розділів дисципліни;
- виконанню практичних розрахункових робіт;
- виконанню контрольних робіт та складанню заліку.

1. Зміст дисципліни та організація самостійної роботи студентів

1.1. Методи та технічні засоби у морській геодезії. Задачі морської геодезії. Особливості геодезичних робіт на морі. Зв'язок морської геодезії з іншими науками. Вимоги щодо точності геодезичного обґрунтування. Методи геодезичних вимірювань у морі.

Література (основна – [1]; [2]; додаткова [7]).

1.2. Геодезичні задачі на морі. Системи координат у морській геодезії. Вимоги щодо точності визначення координат на морі. Навігаційно – геодезичні параметри і лінії положення. Топографічна і геодезична зйомки. Поняття про планове і висотне забезпечення промірних робіт. Опорні і знімальні геодезичні мережі.

Література (основна – [1]; [2]; [3], додаткова [5]; [6]; [7]).

Методичне забезпечення дисципліни – бібліотека університету та кафедра має у своїх фондах наступні видання:

Література

Основна

1. Глумов В.П. Основы морской геодезии. – М.: Недра, 1983. -184 с.
2. Двуліт П.Д., Денисов О.М. Основы морської геодезії та навігації: Конспект лекцій для студентів Інституту геодезії. – Львів: «Львівська політехніка», 2007. – 152 с.
3. Белов В.В. Морська геодезія. Конспект лекцій. - Одеса: ОДЕКУ, 2011. – с.
4. Белов В.В. Збірник методичних вказівок до виконання практичних робіт з курсу “Морська геодезія ”. Одеса: ОДЕКУ, 2002. – 41 с.

Додаткова

5. Довідник по інженерній геодезії. – Київ: Вища школа, 1978. – 202 с.
6. Світова геодезична система координат WGS – 84. Основні положення. – Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2002. – 53 с.
7. Морской технический словарь – справочник терминов. Т. 1. Гидрография. Кн. 5. Морская навигация: Учебно – методическое пособие – Одесса: Принт – студия «Абрикос» СПД Бровкин А.В., 2004. – 320 с.

1.1. Організація самостійної роботи студентів

Зміст кожної теми вивчається за допомогою наведеного у 1 розділі переліку навчальної та методичної літератури. Після засвоєння змісту теми потрібно відповісти на питання до самоконтролю.

Перелік тем теоретичного матеріалу, практичні роботи та графік заходів щодо контролю самостійної роботи наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Організація самостійної роботи студентів з курсу “Морська геодезія ”

Змістовний модуль	Розділи	Завдання	Кількість годин СРС	Контрольні заходи	Термін проведення
1	2	3	4	5	6
ЗМ-Л1	Методи та технічні засоби у морській геодезії.	Підготовка до лекцій. Підготовка до КР.	2 5	УО КР	7 тиждень 8 тиждень
ЗМ-Л2	Геодезичні задачі на морі.	Підготовка до лекцій. Підготовка до КР	2 5	УО КР	15 тиждень 16 тиждень
ЗМ-П1	Визначення положення опорного морського пункту (ОМГП) методом трилатерації. Визначення положення ОМГП методом точки найближчого підходу. Визначення положення ОМГП у прибережній зоні методом «засічок».	Підготовка до усного опитування.	8	УО	6 тиждень

1	2	3	4	5	6
ЗМ-П2	Різницево – віддалевимірний метод визначення ОМГП. Розрахунок віддалі до орієнтиру за вертикальним кутом. Методи визначення місця судна у морі	Підготовка до усного опитування.	7	УО	14 тиждень
		Підготовка до заліку	5	КР залікова	16 тиждень
		Разом	34*		

* - Таким чином, загальна кількість годин СРС складається з підготовки до лекційних занять (4 години), підготовка до усного опитування під час проведення практичних робіт (15 годин), підготовки до модульних контрольних робіт (10 годин) та підготовка до залікової контрольної роботи (5 годин).

2. Рекомендації по вивченню теоретичного матеріалу

Тема: Методи та технічні засоби у морській геодезії. Задачі морської геодезії. Особливості геодезичних робіт на морі. Зв'язок морської геодезії з іншими науками. Вимоги щодо точності геодезичного обґрунтування. Методи геодезичних вимірювань у морі.

Рекомендації по вивченню теми.

Геодезія як наука про теорію і практику вимірювань на поверхні Землі до середини ХХ сторіччя розвивалась головним чином стосовно суші – природного середовища існування людини. Початок 50-х років ХХ сторіччя став періодом становлення нового розділу у геодезії, призначеного вирішувати низку специфічних завдань на акваторіях морів і океанів. Основою для його формування стали роботи, спрямовані на комплексне вивчення та засвоєння біологічних, мінеральних і енергетичних ресурсів Світового океану. Посилилося всебічне дослідження океану, а саме його геофізичних полів, рельєфу дна, течій, гідрологічних характеристик води, впливу океану на клімат, флору і фауну та т.п. Надалі збільшується значення океану як транспортного середовища, прокладаються трубопроводи та кабелі по морському дну.

Усі перелічені та багато інших видів діяльності в океані потребують відповідного геодезичного забезпечення із застосуванням засобів та методів геодезичних вимірювань, пристосованих до специфіки морських умов і відмінних від вимірювань, що застосовуються на суходолі. Важливою задачею такого забезпечення є геодезична прив'язка – визначення координат точок.

Для виконання зйомочних робіт, як і на суші, необхідно мати кондиційне геодезичне облаштування, при створенні якого в морських умовах найважливішим є завдання точного визначення планових координат пунктів спостережень.

Умови проведення морських дослідницьких і зйомочних робіт обумовили суттєву різницю методів вирішення виникаючих при цьому геодезичних завдань від вирішення аналогічних завдань на суші. Роботи на морі провадяться з суден або інших плавзасобів на будь якій відстані від берегової лінії при відсутності опорної геодезичної мережі, як правило, при відсутності оптичної досяжності на пункти континентальних опорних геодезичних мереж.

Ця обставина обумовила необхідність проведення досліджень з метою розробки і створення технічних засобів для виконання геодезичних вимірів у морських умовах, у тому числі і у гідросередовищі.

У дійсний час в геодезичних вимірюваннях на морі використовуються різні типи радіогеодезичних та радіонавігаційних систем наземного базування, супутникові навігаційно - геодезичні системи, автономні інерціальні і

гідроакустичні засоби, інтегральні навігаційно-геодезичні системи, що об'єднують у єдиний комплекс деякі типи переліченої апаратури за допомогою бортової апаратури з включенням електронної обчислюваної машини (ЕОМ).

Роботи з створення методів і апаратури для геодезичних вимірів і визначень на морі розвивалися паралельно з розвитком усього комплексу наук, предметом якого є Світовий океан.

До середини 60-х років ХХ сторіччя у самостійні розділи наук сформувалися «морська геологія», «морська геофізика», «морська геоморфологія», «морська гідрометрія», «морська метеорологія».

Високого рівня розвитку до середини 60-х років ХХ сторіччя досягли методи і технічні засоби геодезичного забезпечення акваторіальних зйомок і досліджень.

Широке розгортання різного роду досліджень океану відкрило нові можливості розв'язання головної наукової проблеми геодезії – визначення форми та розмірів нашої планети. Так, вивчення поверхні геоїда в океані виконується в основному супутниковими методами. Результати гравіметричного знімання на поверхні моря допомагають виявляти місцеві аномалії гравіметричного поля. Особливості вимірів і визначень в умовах моря виявилися настільки суттєвими, що з'явилась необхідність виділити «морську геодезію» у самостійний розділ геодезії. Першим цей термін на початку 19 століття застосував російський дослідник моря Г. Саричев.

Завдання морської геодезії. Велику актуальність набули роботи, спрямовані на створення морських опорних мереж і окремих пунктів загальногеодезичного та спеціального призначення. Такі мережі і пункти необхідні для геодезичної прив'язки детальних великомасштабних топографічних, геологічних і інших зйомок за межами дії берегових високоточних радіотехнічних засобів; при створенні геодезичної опори на морських нафтових та газових родовищах; для демаркації державних кордонів (границь територіальних вод), границь економічних, риболовних і інших зон, на які прибережні держави здійснюють суверенні права; для створення служби оперативного оповіщення про цунамі; для закріплення безпечних маршрутів плавання суден (особливо актуальне це питання у високоширотних акваторіях – під полярними льодами); для забезпечення космічних операцій і т. ін.

Швидкими темпами розвиваються роботи, спрямовані на створення топографічних карт шельфу і Світового океану у цілому. Потреби у них дуже великі вже зараз. Морські топографічні карти є дуже цінним матеріалом при вирішенні однієї з головних задач у дослідженні Світового океану – з'ясування головних рис тектонічної будови підводних районів поверхні Землі.

Велике розповсюдження отримують роботи інженерно-геодезичного спрямування, пов'язані з інтенсивною індустріалізацією прибережної смуги.

З ціллю забезпечення необхідної точності геодезичних визначень у морських умовах знадобилося суттєво розширити роботи по визначенню

фігури Землі та її зовнішнього гравітаційного поля у межах Світового океану. Для цього постійно зростають об'єми морських гравіметричних зйомок, удосконалюються старі та розроблюються нові методи вивчення поверхні Світового океану і її динаміки, засновані на використанні штучних супутників Землі.

Інтенсивний розвиток морської геодезії обумовив удосконалення технічних засобів різного призначення і створення нових геодезичних приладів.

Для виконання великомасштабних топографічних знімків і високоточного визначення координат, віддалених від берегів, на дні моря створюється мережа опорних геодезичних пунктів, яка повинна бути прив'язана до пунктів континентальних мереж. Це можна здійснити за допомогою двох видів вимірювань: підводних (гідроакустичних) і надводних (супутникових, радіотехнічних).

Для вирішення головної наукової проблеми геодезії необхідно вивчати форму рівневої поверхні в морях і океанах. Перш за все це вивчення поверхні геоїда за спостереженнями збурень штучних супутників Землі (ШСЗ) і реєстрації реального профілю поверхні моря під орбітами ШСЗ за допомогою супутникової альтиметрії. Багатолітні спостереження дають можливість визначати положення середнього рівня моря біля берегів, а прокладання нівелірних ходів – різниці висот цих рівнів у різних місцях океану. Визначення фігури геоїда на морі має велике значення для науки і практики. Форма геоїда необхідна для редукування виконаних на морі вимірювань. Точність визначення місцеположення за штучними супутниками Землі залежить від врахування висот геоїда.

Одна з геодезичних задач на морі – визначення координат рухомого судна, є основною задачею морської навігації.

Широкі дослідження проведені по розробці методів математичної обробки геодезичних вимірювань на морі. І у цьому напрямку роботи продовжуються з метою удосконалення цих методів, їх оптимізації і підвищення ефективності.

Таким чином, у морській геодезії можливо виділити наступні основні напрямки:

- створення морських геодезичних мереж;
- топографічна зйомка дна океанів і морів;
- геодезичне забезпечення науково-дослідних і пошуково-розвідувальних робіт, пов'язаних з вивченням і усебічним освоєнням Світового океану, а також робіт з будівництва морських інженерних споруд і прокладці підводних комунікацій;
- вивчення фізичної поверхні і зовнішнього гравітаційного поля Землі у межах Світового океану і їх варіацій у часі;
- розробка і створення спеціалізованих технічних засобів, технологій, методів вимірювань і математичної обробки їх результатів.

При розробці вимог до точності морських геодезичних робіт необхідно мати на увазі особливості умов їх проведення. Однією з них є

нестационарність морського середовища. Геодезичні вимірювання на морі провадяться, головним чином, з суден або інших плавзасобів. Але навіть судно на якорі здійснює періодичні переміщення по деякій кривій. У таких умовах величини геометричних параметрів безперервно змінюються, тому виконувати їх багаторазові вимірювання для досягнення більшої точності неможливо. Через ці ж причини неможливо виконувати вимірювання з борта судна високоточними кутомірними приладами, а відповідно, і використовувати методи створення геодезичного обґрунтування, що базуються на кутових вимірюваннях.

Друга особливість робіт по створенню геодезичного обґрунтування морських зйомок полягає у відсутності на акваторіях Світового океану геодезичної опори. Це обумовлює необхідність прив'язки робіт до пунктів континентальних геодезичних мереж. Так як кутові вимірювання при морських геодезичних роботах не використовуються (за виключенням робіт у прибережній смузі, де можлива реалізація методів прямої і зворотної кутових засічок), основними при створенні геодезичного обґрунтування в умовах моря є методи, основані на лінійних вимірюваннях. Вимірюваними геометричними параметрами при цьому є дистанції та їх функції: різниці дистанцій, суми дистанцій і інші.

У залежності від віддалення об'єкта робіт від берега величини вимірюваних дистанцій можуть коливатися від кількох метрів до кількох тисяч кілометрів. Незалежно від їх довжини вимірюються вони спеціально створеною для цього електронною апаратурою. Конструктивні особливості її не дозволяють досягнути точності вимірювань, властивій високоточним геодезичним приладам, що застосовуються у роботах на суші. Крім того, на трасах великої довжини значно складніше враховуються помилки, що вносяться у результати вимірювань зовнішнім середовищем. Тому при вимірюваннях дистанцій між судном і береговими пунктами довжиною більше 30 – 40 км відносні помилки порядку 10^{-4} - $2 \cdot 10^{-4}$ не тільки припустимі, але і прийнятні. У деяких випадках виявляється припустимою і більш низька точність вимірювань.

Створення і впровадження у практику морських геодезичних робіт супутникових навігаційно-геодезичних систем частково вирішує проблему підвищення точності визначення координат об'єктів у морі, однак не виключає повністю необхідності використання континентальних геодезичних пунктів у якості опори при морських зйомках і дослідженнях.

Третя особливість геодезичних робіт у морі визначається фізичними властивостями водного середовища. Відомо, що з усього діапазону електромагнітних хвиль у морській воді розповсюджуються лише світлові хвилі з довжинами близько 0.5 мкм (синьо-зелена частина спектра) на відстані до 60 м. Крім того, на глибину до 30 м можуть проникати радіохвилі дуже низьких частот з довжинами більше 10 км, що розповсюджуються над поверхнею води. Тому діапазон використання світлодальної техніки у підводних геодезичних роботах обмежується роботами інженерного характеру, а застосування радіотехнічних засобів практично неможливо. У

той же час вода є ідеальним середовищем для розповсюдження пружних коливань. Акустичні хвилі можуть розповсюджуватися у ній практично налюбі відстані. З цієї причини функціонування більшості приладів, призначених для виконання геодезичних вимірювань у підводних умовах, базується на використанні акустичних коливань і принципах гідроакустики. Розповсюдження акустичних хвиль у воді в основному подібне розповсюдженню електромагнітних хвиль в атмосфері. Однак тут у значно більшій мірі на швидкість і форму траєкторії акустичного коливання впливає середовище, а це, у свою чергу, є причиною значних викривлень результатів вимірів. Обчислення цих викривлень дуже складне і не завжди можливе.

Існує ще цілий ряд факторів, що не дозволяють досягнути високої точності визначення координат об'єктів у морі. При роботі з підводними човнами вони пов'язані, наприклад, з труднощами визначення положення точок відношення (точок, які приймають за центри випромінювання і прийому електромагнітних коливань), з відсутністю фіксованих, стабільних точок, до яких можливо було б приводити результати багаторазових вимірювань (наприклад, при вимірах з судна, що стоїть на якорі). Доволі складною є задача з визначення самих елементів приведення, тих, що у роботах на суші називають елементами центрування і редукції. При виконанні робіт з доплеровськими супутниковими системами суттєвий вплив на точність визначення координат виказують помилки у визначенні швидкості і курсу судна.

Відзначені обставини необхідно мати на увазі при проектуванні геодезичного обґрунтування акваторіальних зйомок і досліджень. Зокрема, детальність і масштаби морських геологорозвідувальних робіт необхідно встановлювати з урахуванням реальної точності прив'язки. При цьому загальні вимоги до їх геодезичної прив'язки регламентуються діючою технічною інструкцією по топографо-геодезичному забезпеченню геологорозвідувальних робіт, у відповідності з якою середня квадратична похибка визначення планового положення точок геолого - геофізичних спостережень відносно берегових опорних пунктів не повинна перевищувати 1.2 мм у масштабі звітної карти. Вважаючи, що положення пунктів у морі визначається методом лінійної засічки, припустима середня квадратична похибка виміру дистанції для робіт в означених масштабах могла б скласти 850, 35, 7 м. Необхідно відзначити, що у багатьох випадках вимоги до точності визначення взаємного положення пунктів спостережень або об'єктів, що утворюють єдину технологічну схему, суттєво вищі тих вимог, що пред'являються до точності визначення абсолютних координат. Ці вимоги розповсюджуються, наприклад, на виміри відстаней між точками збудження і прийому пружних коливань – при сейсмічних дослідженнях за методом загальної глибинної точки, на виміри лінійних параметрів електророзвідувальних установок, зокрема, радіусів – у методі зондування становленням поля і відстаней між центрами диполів – у других електророзвідувальних методах.

Вельми високі вимоги до точності геодезичних вимірів встановлені у геологорозвідувальних роботах на етапі розвідувального буріння. Наприклад, похибка у визначенні місця устя бурової свердловини не повинна перевищувати 3 м відносно точок на поверхні моря. Останні у цьому випадку повинні визначатися з похибками не більше 15 м.

З максимально можливою точністю повинні визначатися координати пунктів донних геодезичних мереж. Такі ж вимоги до точності геодезичної прив'язки встановлені при прокладанні підводних комунікацій, при створенні пунктів системи попередження про цунамі, при демаркаційних роботах. Прокладання трубопроводів і кабелів зв'язку у прибережній зоні повинно супроводжуватися геодезичною прив'язкою з похибками у положенні окремих точок не більше 3 м, у відкритому морі допускається похибка до 300 м.

Точність геодезичної прив'язки пунктів і об'єктів при топографічній зйомці шельфової зони морів і океанів регламентується наступними вимогами: середня квадратична похибка у положенні чітких контурів і об'єктів, розташованих у межах шельфової зони, відносно берегових або морських опорних пунктів не повинна перевищувати 1.5 мм у масштабі створюваної карти. Таку ж точність прив'язки необхідно додержуватися при виконанні гідрографічних зйомок. Ці ж похибки у зйомках на суші допускаються до 0.7 мм.

Особливі вимоги до точності геодезичних вимірів пред'являються при будівництві підводних гідротехнічних споруд. У підводних роботах не допускаються похибки більше 20 см при вимірах відстаней, що перевищують 50 м, 5 см – при відстанях 5 – 20 м, 0.5 см – при відстанях 1 – 5 м, 0.1 см – при відстанях менше 1 м.

У наш час створення геодезичного обґрунтування необхідно практично при любых роботах, що провадяться в умовах моря. Цим визначається місце і значення морської геодезії у ряду суміжних з нею наук, предметом вивчення яких є Світовий океан. Таким чином, морська геодезія взаємодіє з гідрографією, навігацією, морською геологією, морською геофізикою, океанографією, океанологією.

При розгляді питання про зв'язок морської геодезії і гідрографії, необхідно відзначити, що колись ці два поняття були синонімами. Ще у 1804р. російський дослідник віце-адмірал Г.А. Саричев використовував термін «морська геодезія» до комплексу робіт з гідрографічного проміру і складання карт у меркаторській проекції. Практичне значення результатів гідрографічних робіт визначається перш за все забезпеченням безпеки мореплавства.

Для з'ясування основи і сутності взаємодії морської геодезії і навігації дамо коротку характеристику науки «навігація» та головних її задач. Навігація – ведуча дисципліна у ряді наук з судноводіння. Вона розглядає засоби вирішення задач, пов'язаних: з розробкою програми руху судна; з безперервним слідкуванням за рухом судна і визначенням відхилень параметрів його руху від запрограмованого; з визначенням дійсної траєкторії

руху судна і її корекції; з передбаченням положення судна на заданий момент часу; з отриманням інформації, необхідної для виконання маневрування в особливих умовах.

Неважко зробити висновок, що для вирішення усіх перелічених задач необхідна інформація про місце судна і що, відповідно, визначення координат судна, що рухається, є основою морської навігації. Цю ж задачу повинна вирішувати і морська геодезія. Сповна зрозуміле тому широке використання навігаційних засобів і методів у морських геодезичних роботах.

У взаємодії з морською геодезією океанологія і океанографія вивчають різноманітні явища, що протікають у товщі морських вод, морські течії, розвиток рельєфу океанічного дна і його форми, зв'язок океанічних і атмосферних процесів, вплив морського середовища на інженерні споруди. У свою чергу, океанографія і океанологія забезпечують морську геодезію інформацією про фізико-хімічні властивості гідросфери, які необхідні, наприклад, для визначення швидкості акустичних і електромагнітних коливань, для інтерпретації даних водного нівелювання, для визначення відхилень фізичної поверхні океану від рівневої поверхні геоїду і т. д.

У найбільш загальному вигляді методи геодезичних вимірів у морських умовах можливо поділити на оптичні, радіотехнічні, акустичні, інерціальні, методи, засновані на вимірюваннях параметрів фізичних полів Землі, і комплексні.

Оптичні методи. Ця група методів використовується при вимірюваннях, що виконуються оптико-механічною або оптико-електронною апаратурою. Сюди відносяться методи визначення положень прямими і зворотними кутівими засічками, а також методи пеленгації і астровизначень, які використовуються рідко.

До цієї групи також можливо віднести роботи, які виконуються за допомогою лазерної далекомірної або локаційної апаратури. До них відносяться, наприклад, виміри вертикальних відстаней (глибин і перевищень), нахильних і горизонтальних дистанцій у водному середовищі; локація водної поверхні, яка виконується для вивчення її топографії, фізико-хімічних властивостей води і інших цілей.

Радіотехнічні методи. Ця група включає методи вимірювань, засновані на використанні електромагнітних хвиль радіодіапазону. Найбільш широко застосовується у геодезичних вимірюваннях на морі апаратура, яка представлена радіогеодезичними (РГС), радіонавігаційними (РНС), і супутниковими навігаційними системами (СНС), які призначені для створення геодезичного обґрунтування морських зйомок.

У наш час у геодезичних роботах на морі використовуються десятки типів РГС і РНС різних за точністю і дальності дії. Найбільш точні ультракороткохвильові радіогеодезичні системи забезпечують визначення положень рухомих об'єктів з похибками 1 – 5 м при віддаленнях від берега на відстані до 50 – 60 км. Найбільшою дальністю дії – до 10000 км вирізняються радіонавігаційні системи, які працюють на радіохвилях дуже

низьких частот. Похибки визначення місця такими системами становлять від 0.5 до 5 км. Супутникові навігаційні системи – найбільш досконалий і перспективний засіб геодезичної прив'язки морських робот. За допомогою діючих СНС можливо визначити місце судна з похибкою не більше 200 м у будь якій точці Світового океану. Створюються СНС, які дозволять підвищити цю точність до 5 – 10 м і, крім того, забезпечать вимір швидкості судна з похибкою не більш 0.1 мс^{-1} .

Гідроакустичні методи. До даної групи відносяться гідролокаційні методи вимірювань, які виконуються у гідросфері з використанням акустичних (звукових) коливань. Технічні пристрої, за допомогою яких виконуються такі виміри, називаються гідроакустичними. У геодезичних вимірюваннях знаходять застосування навігаційні ехолоти (НЕЛ) і промірні ехолоти (ПЕЛ), які використовуються для промірних работ і топографічної зйомки океанічного або морського дна; доплеровські гідроакустичні лаги (ДГАЛ) – для виміру абсолютної або відносної швидкості плавзасобів, у комплексі з гірокомпасом (ГК) ДГАЛ використовують як засіб інтерполяції місцеположення (засіб зчислення шляху) у періоди між супутниковими обсерваціями; гідролокатори бічного огляду (ГБО) – для обстеження поверхні дна і визначення координат донних об'єктів при проведенні топографічної зйомки, геологорозвідувальних работ, работ інженерного характеру і т. д.; гідроакустичні буї – для закріплення пунктів морських геодезичних мереж, пунктів гідроакустичних систем навігаційного і інших призначень. Сучасна апаратура дозволяє виконувати акустичну локацію з точністю $10^{-3} - 10^{-4}$ від дистанції до лоційованої цілі.

Інерціальні методи. Інерціальні методи реалізовані у так званих інерціальних навігаційних системах (ІНС), призначених для визначення місцеположення, курсу і швидкості рухомого об'єкту. Принципи роботи ІНС базуються на законах класичної ньютонівської механіки, яка передбачає існування абсолютного, або інерціального простору. У геодезичних роботах на морі ІНС використовують як засіб зчислення шляху у комплексі з СНС. Похибки у результатах визначення положення за допомогою ІНС складають величини порядку $2 \cdot 10^{-3}$ від відстані, що пройдена судном після визначення місця за допомогою СНС.

Методи, засновані на вимірах параметрів фізичних полів Землі. Дані методи використовують для визначення місця і виміру параметрів руху судна. З давніх часів мореплавці використовують магнітне поле Землі для визначення напрямку (курсу) переміщення судна за допомогою магнітних компасів. Для точного визначення місця судна на ділянках з добре вивченим рельєфом дна застосовують ехолоти і інші гідроакустичні засоби. Вимір параметрів гравітаційного поля Землі закладено в основу принципу дії інерціально - гравітаційних систем.

Комплексні методи. Комплексування методів у морській геодезії робиться з метою підвищення точності та надійності результатів вимірів і визначень. Найбільш розповсюджені комплексні навігаційно-геодезичні засоби місце визначень, які представляють собою сукупність датчиків

навігаційно-геодезичної інформації, поєднаних у єдиний комплекс через бортову ЕОМ. Створюються також комплекси гідроакустичних засобів для виконання промірних робіт і топографічної зйомки дна морів і океанів, які включають ехолоти і гідролокатори бічного огляду.

Звернути увагу на такі питання: 1. Завдання морської геодезії на сучасному етапі. 2. Головна наукова проблема геодезії. 3. Особливості виконання геодезичних робіт на морі. 4. Вимоги щодо точності геодезичного обґрунтування при виконанні робіт в морських умовах. 5. Зв'язок морської геодезії з іншими науками. 6. Методи геодезичних вимірів у морських умовах 7. Технічні засоби у морській геодезії.

Перелік питань для самоконтролю: 1. Що передбачає геодезична прив'язка ? 2. Яким чином проводиться вивчення поверхні геоїда ? 3. Що дозволяють виявляти гравіметричні зйомки ? 4. Де розміщуються морські опорні геодезичні пункти ? 5. За допомогою яких методів здійснюється прив'язка морських опорних геодезичних пунктів ? 6. Точність визначення місця при астрономічних визначеннях і зчисленні. 7. Види робіт, які виконуються за допомогою лазерної далекомірної або локаційної апаратури.

Посилання на літературу наведено у розділі 1, пункт 1.1.

Тема: Геодезичні задачі на морі. Системи координат у морській геодезії. Вимоги щодо точності визначення координат на морі. Навігаційно – геодезичні параметри і лінійні положення. Топографічна і геодезична зйомки. Поняття про планове і висотне забезпечення промірних робіт. Опорні і знімальні геодезичні мережі.

Рекомендації по вивченню теми.

Для визначення положення об'єкта в просторі необхідно задати три його координати, які визначаються у відповідності з прийнятою системою координат. Система координат характеризується формою завдання координат, початком їх відліку, напрямком головної осі, положенням основної площини, вибором одиниць виміру. При визначенні координат рухомих об'єктів окрім координат необхідно знати момент часу, що приводить до необхідності введення системи його лічби.

Різні задачі морської геодезії вимагають для свого розв'язання використання різних систем координат. В залежності від положення початку координат це може система геоцентричних (початок координат в центрі мас Землі) або топоцентричних (початок координат в пункті спостережень) координат. Система координат може бути земною – обертається разом з Землею, та зоряною (небесною) – з нерухомою Землею. За формою завдання системи координат можна розділити на дві групи – не пов'язані з поверхнею

Землі та пов'язані з нею. До першої групи відносяться, наприклад, системи прямокутних геоцентричних координат (земних і небесних). До другої – системи координат, що визначають положення точки на Землі її висотою над поверхнею відносності та криволінійними координатами проекції точки на цю поверхню. В ряді випадків висота точки для розв'язання поставленої задачі не має принципового значення. Тоді поверхня Землі або її проекція на геоїд, еліпсоїд (сфероїд), сферу або площину буде представляти двомірний простір, у межах якого місцеположення точки задається двома координатами.

Прийняття поверхні океану за нульову координатну поверхню використовується у навігації. Для виконання геодезичних обчислень за таку поверхню приймають рівневу поверхню – геоїд. Еліпсоїд (референт-еліпсоїд) є поверхнею відносності при розв'язанні більшості геодезичних задач, в основному високоточних, задач. Сфера застосовується для зображення земної поверхні та спрощення геодезичних обчислень. Площина використовується для картографічного зображення земної поверхні та розв'язання геодезичних задач за формулами плоскої тригонометрії і геометрії.

Координатні системи на еліпсоїді, сфері та площині можуть бути полярними, біполярними та криволінійними. При цьому число вихідних (опорних) пунктів може бути від одного до чотирьох: один – полярна засічка, два – пряма засічка, три – гіперболічна засічка, чотири – при вимірах різниць віддалей, тощо. Для встановлення зв'язку між системами координат застосовують аналітичні або графічні способи.

Основними системами координат, що застосовуються в морській геодезії при виконанні локальних геодезичних робіт, є:

1. Геоцентрична система просторових прямокутних координат X, Y, Z . Оскільки ця система використовується для визначення положення штучних супутників Землі, які обертаються довкола її центру мас, тому початок відліку системи суміщається з центром мас Землі O . Вісь z направляєтся по осі обертання Землі в сторону північного полюса, вісь x – по напрямку на точку весняного рівнодення. За основну площину цієї системи координат приймається площина екватора. Оскільки точка рівнодення переміщується внаслідок прецесії і нутації вісі обертання Землі, то ця система координат потребує свого перетворення на момент спостережень шляхом введення відповідних поправок.
2. Географічна система астрономічних координат φ, λ . За основну площину приймається площина середнього земного екватора на епоху вимірювань. Координатами даної системи є астрономічна широта φ та астрономічна довгота λ . Через рух полюсів Землі результати визначень координат φ, λ необхідно приводити їх до однієї епохи, для якої задається географічна система координат.
3. Географічна система геодезичних координат B, L . На відміну від географічної системи астрономічних координат, в якій за фігуру

Землі приймають геоїд, в географічній системі геодезичних координат приймають референт-еліпсоїд.

Вимоги щодо точності визначення координат на морі. На поверхні, в гідросфері і на дні моря розв'язують різні наукові та технічні задачі, які вимагають різної точності визначення координат точок. Вимоги до точності залежать в основному від особливостей умов виконання геодезичних робіт, технології їх проведення, детальності і масштабу знімання, віддалення від берега і пунктів континентальних геодезичних мереж, технічних характеристик і можливостей виміральної апаратури, ступеня впливу похибок зовнішніх і апаратурних джерел та їх врахування, фізичного стану гідросфери тощо. Більш високі вимоги ставляться до точного взаємного (відносного) положення пунктів і об'єктів, ніж до точності визначення їх абсолютних положень. Точність визначення координат в основному залежить від технічних засобів і пристроїв. Перш за все це супутникові, радіонавігаційні і радіо геодезичні системи. Для підвищення точності визначення координат необхідно удосконалювати методику виконання геодезичних робіт.

При розробці вимог до точності морських геодезичних робіт необхідно враховувати особливості умов їх виконання. Однією з них є нестационарність морського середовища. Як правило, геодезичні виміри на морі проводяться з плавзасобів. Залежно від розмірів судна, глибини і наявності хвиль, від напрямку і сили вітру та морської течії судно переміщується в межах від долів метра до десятків метрів, а іноді і більше. За таких умов величини геометричних параметрів безперервно змінюються, тому виконувати багаторазові виміри неможливо. За тих самих причин неможливо з борту судна виконувати високоточні кутові виміри. До особливостей геодезичних вимірів на морі відносять відсутність на акваторіях Світового океану геодезичної основи. Це обумовлює необхідність прив'язки до пунктів континентальних геодезичних мереж.

Впровадження в практику морських геодезичних робіт супутникових навігаційно-геодезичних систем частково розв'язує проблему підвищення точності визначення координат об'єктів в морі. Наступна особливість виконання геодезичних робіт у морі визначається фізичними властивостями водного середовища.

Визначення координат опорних морських геодезичних пунктів, встановлених на дні океану, необхідно виконувати з максимально можливою точністю. Точність визначення положення таких пунктів, враховуючи вплив похибок супутникових систем та гідроакустичних вимірів, знаходиться в межах 5-10 м. При встановленні донного гравіметра необхідна точність визначення його координат 70 м. Середня квадратична похибка визначення положення контурів і об'єктів донної ситуації відносно берегових або морських опорних пунктів при топографічному зніманні шельфової зони морів і океанів не повинна перевищувати 1,5 мм масштабу карти.

Середньоквадратична похибка абсолютного положення об'єктів при геологічному зніманні, глибинному геологічному картографуванні складає

1 мм у масштабі карти. При освоєнні мінеральних ресурсів океану на різних стадіях робіт вимоги до точності різні. Згідно з різними літературними джерелами при виконанні у відкритому океані регіональних геофізичних знімальних достатньою точністю визначення координат є 2500 м, при виконанні рекогносцирувальних робіт необхідна точність 100-150 м, при детальних знімальних роботах – 20-50 м. При сейсмічному зніманні абсолютна точність повинна бути біля 150 м, а точність точок зондування одна відносно іншої – 6-15 м.

Дуже високі вимоги до точності визначення місцеположення точок на дні відносно точок на поверхні при бурінні глибоководних свердловин. Похибки в даному випадку не повинні перевищувати 3 м. Така ж точність вимагається при прокладанні трубопроводів та кабелів. Висока абсолютна точність (10 м) вимагається при встановленні границь на нафтоносних ділянках шельфу.

Найбільш часто засоби і методи визначення координат на морі використовують у судноплаванні. В даному випадку вимагається постійна інформація про місцеположення у відкритому морі з точністю 180 м.

Суттєве значення для підвищення точності визначень координат на морі має удосконалення методики робіт. Для визначення координат точок, звичайно, виконують надлишкові виміри і такі, що пов'язують точки, координати яких необхідно визначити між собою. В результаті таких зв'язків формується геодезична мережа. Мережі, що складаються із закріплених на морському дні пунктів, формуються за допомогою зв'язків між собою та пунктами континентальних мереж, виміряних на поверхні Землі. Специфічним для морських умов та недостатньо висвітленим у літературі видом мережі є мережа, утворена положенням судна в різні моменти часу, пов'язаними між собою вимірами за допомогою наближених значень – числення віддалей та напрямів. При зніманні геофізичних полів та рельєфу зі знімальних маршрутів (галсів) формується більш складна мережа – мережа галсів, що перетинаються.

Різниця в величинах визначених параметрів (сили, ваги, глибини), отриманих з різних галсів у точках перетину, використовується для оцінки якості знімання та для подальшого врівноваження мережі галсів. Дане врівноваження є підставою для підвищення точності результатів визначення місцеположення та якості знімання.

Навігаційно – геодезичні параметри і лінії положення. Координати та елементи руху об'єкта в морі отримують після математичної обробки результатів геодезичних вимірювань, виконаних за допомогою відповідних технічних засобів. Точне місцеположення об'єкта на фізичній поверхні Землі визначають відносно деяких завчасно вибраних опорних пунктів у заданій системі координат. Опорним або фіксованим називається нерухомий пункт, координати якого відомі з необхідною точністю. Величину, вимірювання якої дає можливість знайти розміщення рухомого об'єкта відносно заданого опорного пункту, називають навігаційно – геодезичним параметром. У залежності від виміряного навігаційно – геодезичного параметра можна

виділити три основних види технічних засобів і пристроїв: кутомірні, віддалемірні і різницеві – віддалемірні.

Кутомірні технічні засоби базуються на вимірюванні кутів між напрямками на опорні пункти і рухомий об'єкт. Віддалемірні або стадіометричні технічні засоби базуються на вимірюванні віддалі між опорними пунктами і рухомим об'єктом. Різницеві – віддалемірні або гіперболічні технічні засоби базуються на вимірюванні різниць віддалей між двома опорними пунктами і рухомим об'єктом, що утворюють одну опорну пару.

Кожному значенню навігаційно – геодезичного параметра відповідає деяка ізолінія – лінія на поверхні Землі або її зображення на планшеті чи карті. Навігаційною ізолінією називається геометричне місце точок рівних значень навігаційного параметра. Ізолінія, яка відповідає конкретному значенню вимірюваного навігаційно – геодезичного параметра, називається лінією положення. Така ізолінія може бути описана аналітично, тобто деяким рівнянням заданої системи координат, в якій є навігаційно – геодезичний параметр. Очевидно, що рухомий об'єкт повинен знаходитися на лінії положення. Але для визначення його місцеположення необхідно виміряти не менше двох незалежних навігаційно – геодезичних параметрів. Точка перетину двох або більше ізоліній визначає місцеположення рухомого об'єкта.

В залежності від виду технічних засобів і пристроїв можливі різні форми ізоліній. Для кутомірних технічних засобів існують два види ізоліній. В кутомірних засобах першого виду вимірюються кути при опорному пункті 1 між напрямками на суміжний опорний пункт 2 та рухомий об'єкт Р. Тут ізолінія представляє собою промінь, який виходить з опорного пункту, а сімейство ізоліній – пучок променів, що утворюють задані кути з базою.

В кутомірних технічних засобах другого виду вимірюються кути при об'єкті між напрямками на два опорні пункти. Тут ізолінії представляють собою кола, що опираються на опорні пункти.

У віддалемірних технічних засобах і пристроях ізолінією положення є коло радіусом r , який дорівнює віддалі S між опорним пунктом і рухомим об'єктом. За формою ізоліній положення віддалемірні технічні засоби і пристрої називають коловими.

У різницево – віддалемірних технічних засобах і пристроях вимірюють різниці Δr віддалей до двох опорних пунктів відповідає гіпербола з фокусами в цих пунктах. За формою ізоліній різницево – віддалемірні технічні засоби і пристрої називаються гіперболічними.

Особливості визначення планових координат при виконанні морських геодезичних робіт. Визначення планових координат на морі мають ряд особливостей, від яких залежить вибір технічних засобів і вимоги до ідеального засобу прив'язки. Головними особливостями є:

- процедура вимірювання навігаційно-геодезичного параметра повинна бути короткотривалою внаслідок безперервного руху об'єкта в морі;
- труднощі, що пов'язані з неможливістю визначення напрямку вертикалі з точністю, необхідною для визначення з відповідними похибками вимірювань навігаційно-геодезичного параметра;
- неможливість закріплення пункту спостережень у морських умовах, окрім дуже мілководних ділянок, через що необхідно передбачити апаратні можливості контролю і підтвердження кожного виміру навігаційно-геодезичного параметра;
- відсутність у більшості випадків прямої видимості опорних пунктів через їх віддаленість або метеорологічні умови спостереження.

До ідеального засобу планової прив'язки відносять:

- 1) забезпечення заданої точності визначення місцеположення рухомого об'єкта і елементів його руху;
- 2) високу продуктивність планової прив'язки і неперервність спостережень;
- 3) мінімальні затрати засобів і праці на планову прив'язку;
- 4) зручність розміщення і компактність бортової апаратури на судні;
- 5) забезпечення високої продуктивності основного виду морських геодезичних робіт;
- 6) незалежність від метеорологічних умов і віддаленості від берега;
- 7) мінімальні вимоги щодо кількості та кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Оскільки ідеального засобу не існує, то з усієї сукупності вимог вибирають ті, які в даний момент для конкретного випадку забезпечують найкраще наближення між ідеальними і отриманими характеристиками.

Планові опорні геодезичні мережі служать основою для прив'язки гідрографічних об'єктів при їх проектуванні і виносі в натуру. Геодезичне знімальне обґрунтування складається з теодолітних ходів мереж триангуляції, засічок, а також ходів нівелювання.

Планова та висотна основа проміру. Для створення планової і висотної основ проміру у районах проведення промірних і днопоглиблювальних робіт, при необхідності, додатково визначаються пункти планової і висотної опорних геодезичних мереж, які створюються на основі Державної геодезичної мережі (ДГМ), методами триангуляції, полігонометрії, а також з використанням приймально-індикаторів супутникових геодезичних систем (СГС).

У якості опорних пунктів в опорну геодезичну мережу повинні включатися добре видимі з місця проведення проміру і днопоглиблювальних робіт навігаційні орієнтири (навігаційні башти, знаки, маяки, шпиль, труби, куполи церков і т. інше).

При відсутності у районі промірних робіт пунктів ДГМ пункти опорних геодезичних мереж слід визначати у місцевій системі координат, або ж мережі повинні розвиватися за допомогою СГС.

Середня квадратична похибка (СКП) визначення планового положення точок проміру глибин у масштабі планшету (плану) не повинна перевищувати:

- для прийнятно – здавального і докладного промірів – 1,5 мм;
- для контрольного проміру – 2.0 мм.

Пункти опорних і зйомочних геодезичних мереж, пікетів і точок магістралі на об'єктах постійного проведення промірних та днопоглиблювальних робіт слід закріплювати постійними знаками. Для забезпечення планового положення об'єктів днопоглиблення можуть використовуватися системи координат:

- державні;
- умовні (міські, місцеві).

При використанні супутникової навігаційної системи (СНС) GPS координати визначаються в геодезичній системі WGS -84.

Створення планових і висотних основ проміру міститься в додатковому згущенні (за необхідністю) існуючих ДГМ пунктами опорної геодезичної мережі (ОГМ) різними методами триангуляції і полігонометрії, прив'язки рівневих постів до державної (умовної) нівелірної мережі (ДНМ або УНМ), організації спостережень за коливаннями рівня моря.

Плановою основою проміру повинні служити:

- пункти ДГМ;
- пункти аналітичних мереж (АМ);
- пункти висотної і зйомочної геодезичних мереж.

Згущення ДГМ пунктами АМ виконується для забезпечення проміру у такій мірі, у якій це необхідно для визначення місця промірного судна з необхідною точністю (1.5 мм у масштабі планшету) і виносу у натуру положення судноплавних об'єктів морських шляхів.

Щільність пунктів опорної і зйомочної геодезичних мереж повинна складати на незабудованій території на 1 км² не менше 4, 12, 16 пунктів відповідно для зйомок у масштабі 1:5000, 1:2000 і 1:1000.

Для промірів у масштабі 1:500 щільність пунктів встановлюється у програмі проміру.

Постійність положення пунктів ОГМ на воді повинна систематично перевірятися шляхом повторного визначення їх координат. Антени наземних стаціонарних радіонавігаційних систем, берегові засоби навігаційного обладнання повинні визначатися як пункти ОГМ.

Опорні і зйомочні геодезичні мережі. ОГМ повинні розвиватися шляхом прокладання вздовж берега ланцюжків триангуляції або

полігонометричних ходів з додержанням вимог, що пред'являються до триангуляції 1 і 2 розрядів і полігонометрії 4 класу, 1 і 2 розрядів.

При розвитку опорної мережі методом триангуляції необхідно застосовувати наступні типові триангуляційні побудови:

- ланцюг трикутників (між двома базисними сторонами або базисною стороною і пунктом ДГМ);
- суцільна мережа (не менше трьох пунктів ДГМ і не менше двох базисних сторін);
- вставка (система трикутників, що заповнюють кут між двома базисними сторонами).

У самостійних мережах триангуляції, які не опираються на пункти вищого класу і розряду, слід вимірювати не менше двох базисних сторін.

В якості базисних сторін в триангуляції 1 і 2 розрядів використовуються сторони полігонометрії 3-4 класів (з додержанням вимог до виміру ліній для полігонометрії 4 класу і 1 розряду). Кути в триангуляції повинні вимірюватися коловими прийомами теодолітами типа ЗТ2КП, ЗТ5КП або рівнозначними їм за точністю.

При розвитку опорних геодезичних мереж методом полігонометрії 4 класу, 1 і 2 розрядів повинні прокладатися полігонометричні ходи у вигляді окремого ходу, який спирається на два вихідних пункти і два твердих дирекційних кута. Довжини сторін полігонометрії повинні вимірюватися світлодалекомірами, електронними тахеометрами і іншими приладами, у тому числі інварними проволоками. При вимірі довжин сторін світлодалекомірами і електронними тахеометрами граничні довжини сторін не встановлюються. У ходах полігонометрії 1 розряду довжиною до 1 км і 2 розряду довжиною до 0.5 км допускається абсолютна лінійна нев'язка 10 см.

Зйомочна геодезична мережа будується у розвиток ОГМ і призначена для зйомок берегової полоси району проміру і днопоглиблення, розбивки магістралей, визначення положення теодолітних постів (ТП), і точок, які закріплюють на місцевості промірні пікети і межі прорізи днопоглиблення, споруд і т. д.

Планово-висотне положення пунктів зйомочної геодезичної мережі (ЗГМ) повинно визначатися прокладенням теодолітних і мензульних ходів, розвитком триангуляції, на основі використання супутникової геодезичної апаратури (приймачів GPS і інших), прямих, зворотних і комбінованих засічок.

Середні похибки положення пунктів ЗГМ (у тому числі планових опорних точок) відносно опорної мережі у масштабі плану не повинні перевищувати 0.1 мм для відкритої місцевості і на забудованій території, а на місцевості, закритій деревами і кущами – 0.15 мм. Гранична похибка

положення пунктів ЗГМ відносно пунктів ОГМ не повинна перевищувати 0.3 мм у масштабі плану.

Теодолітні ходи прокладаються у вигляді окремих ходів або системи ходів з вузловими точками. Дозволяється прокладання ходів, які висять, з числом сторін не більше трьох і довжиною 300 м для зйомки у масштабі 1:2000 і 150 м – для зйомок у масштабах 1:1000 і 1:500 на незабудованих територіях. Вимірювання довжин ліній у теодолітних ходах слід виконувати світлодалекомірами і електронними тахеометрами двома прийомами у одному напрямку, оптичними далекомірами, сталевими стрічками і рулетками у прямому і зворотному напрямках (розбіжності між прямим і зворотним вимірами не повинні перевищувати 1/2000).

Замість теодолітних ходів допускається побудова трикутників триангуляції між вихідними базисами або пунктами ОГМ у кількості:

- 17 – для зйомки у масштабі 1:2000;
- 15 – для зйомки у масштабі 1:1000;
- 10 – для зйомки у масштабі 1:500.

Базиси триангуляції слід вимірювати з відносною СКП не більше 1/5000. Кути в трикутниках повинні бути не менше 20°, довжини сторін – не менше 150 м. Нев'язки в трикутниках не повинні перевищувати 1.5'.

При визначенні пунктів ЗГМ методом засічок повинні виконуватися наступні вимоги:

- прямі засічки слід виконувати не менш чим з трьох пунктів ОГМ так, щоб кути між суміжними напрямками при точці, що визначається, були не менше 30° і не більше 150°;
- зворотні засічки слід виконувати не менше ніж по чотирьох пунктах геодезичної мережі так, щоб точка, яка визначається, не знаходилася поблизу кола, яке проходить через три вихідних пункти;
- комбіновані засічки повинні будуватися комбінацією прямих і зворотних засічок з використанням не менше трьох вихідних пунктів.

Висотна опорна мережа повинна створюватися для нівелювання і прив'язки рівневих постів. Розвиток висотної опорної мережі слід виконувати нівелюванням 4 класу від пунктів державної нівелірної мережі.

При роботі з автоматизованими гідрографічними комплексами і наявності базових станцій DGPS нема потреби у створенні ОГМ. При установці опорних базових станцій DGPS координати їх повинні бути визначені з використанням закоординованих пунктів. Координати базової станції DGPS повинні бути визначені з точністю не більше 0.1 м.

Звернути увагу на такі питання: 1. Системи координат, що використовуються у морській геодезії. 2. Система координат WGS-84. 3. Основні системами координат, що застосовуються в морській геодезії при виконанні локальних геодезичних робіт. 4. Вимоги щодо точності визначення координат на морі. 5. Навігаційно – геодезичні параметри. 6. Поняття про лінії положення. 7. Особливості визначення планових координат при виконанні морських геодезичних робіт. 8. Планова та висотна основа проміру. 9. Зйомочна геодезична мережа.

Перелік питань для самоконтролю: 1. Де знаходиться початок координат у геоцентричній системі координат? 2. Де знаходиться початок координат топоцентричній системі координат? 3. Земна система координат обертається разом з Землею, чи нерухома відносно Землі? 4. Система просторових прямокутних геоцентричних координат пов'язана, чи не пов'язана з поверхнею Землі? 5. Чи визначається обов'язково висота точки при вирішенні навігаційної задачі? 6. У навігації за нульову координатну поверхню приймається? 7. Яка поверхня застосовується для вирішення високоточних геодезичних задач? 8. Чому неможливо виконувати на плавзасобах багаторазові виміри геометричних параметрів і високоточні кутові виміри?

Посилання на літературу наведено у розділі 1, пункт 1.2.

2.1. Орієнтовний перелік питань до підсумкового контролю

1. Основні завдання морської геодезії.
2. Вимірювання довжин ліній на суші і на морі прямими і непрямыми способами.
3. Прилади для безпосередніх лінійних вимірювань.
4. Вимірювання відстаней оптичними далекомірами.
5. Вимірювання відстаней світло - і радіодалекомірами.
6. Кутові вимірювання теодолітами, секстантами і пеленгаторами.
7. Принцип дії і призначення гіроскопічного компаса.
8. Геометрична нівеляція: вирішувані завдання, необхідні прилади і точність.
9. Призначення тригонометричної нівеляції, способи проведення.
10. Гідростатична нівеляція, призначення і принцип дії гідростатичних нівелірів.
11. Застосування гідромеханічної нівеляції.
12. Вимірювання перевищень лазерними приладами.
13. Державні геодезичні мережі: призначення, способи організації.
14. Класи точності опорних геодезичних мереж.

15. Згущування геодезичних мереж.
16. Організація планових геодезичних мереж.
17. Державна нівелірна мережа.
18. Візуальні методи визначення місця судна в морі.
19. Поняття навігаційних параметрів і навігаційних ізоліній.
20. Види навігаційних ізоліній.
21. Визначення і призначення створів. Чутливість створу.
22. Елементи створу.
23. Необхідні розміри знаків створів для забезпечення судноплавства.
24. Система координат WGS-84.
25. Радіонавігаційні системи, організація їх роботи і точність визначення місця судна за їх допомогою.
26. Дальність видимості предметів і вогнів.
27. Пряма геодезична задача.
28. Зворотна геодезична задача.
29. Технічні засоби для визначення місця судна в морі.

2.2. Практичні завдання

Тема: Визначення положення опорного морського геодезичного пункту (ОМГП) способом трилатерації.

Для знаходження положення підводного ОМГП використовується судовий вимірювальний комплекс, який складається з бортового гідроакустичного обладнання (гідрофон і апаратура вимірювання часу проходження сигналу – відгуку від судна до ОМГП), і який вимірює нахильні відстані та геодезичного (або навігаційного) обладнання для визначення місцеположення судна при проведенні вимірювань.

У способі трилатерації застосовують фігури у виді трикутників, в яких вимірюються нахильні відстані S до ОМГП з двох відомих положень судна, рис. 2а. Тим самим у трикутнику за трьома сторонами та зв'язним координатам двох пунктів знаходять координати ОМГП. Таких трикутників може бути декілька. Для кожного з них складають рівняння двох кіл з центрами у точках 1, 2 (рис. 2б) і радіусами D_1, D_2 .

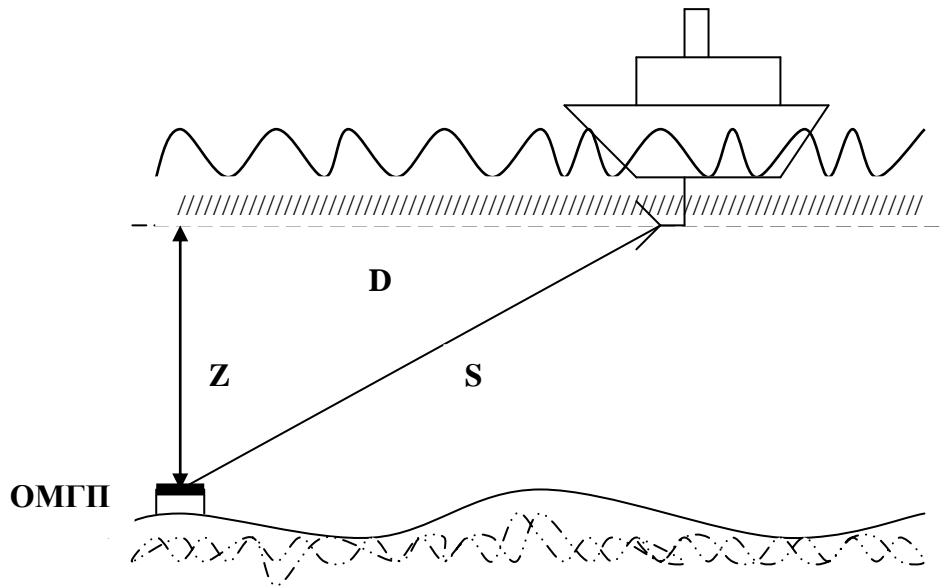


Рис. 2а. Схема визначення місцеположення донного ОМГП

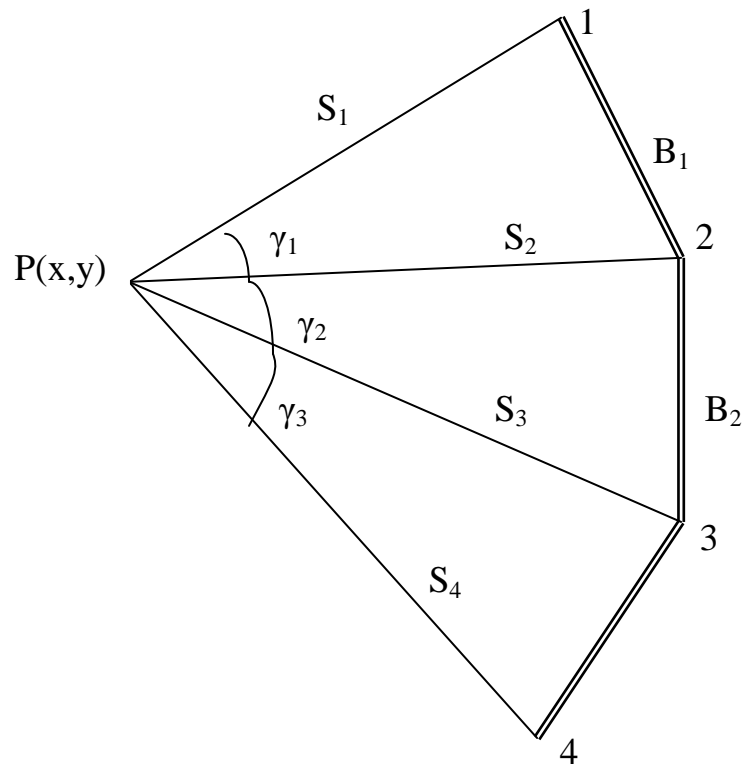


Рис. 2б. Визначення місцеположення ОМГП способом трилатерації.

$$\begin{aligned} (\mathbf{x} - \mathbf{x}_1)^2 + (\mathbf{y} - \mathbf{y}_1)^2 + \mathbf{z}^2 &= \mathbf{S}_1^2 - \mathbf{z}^2 = \mathbf{D}_1^2 \\ (\mathbf{x} - \mathbf{x}_2)^2 + (\mathbf{y} - \mathbf{y}_2)^2 + \mathbf{z}^2 &= \mathbf{S}_2^2 - \mathbf{z}^2 = \mathbf{D}_2^2 \end{aligned} \quad (2.1)$$

де: x, y, z - координати ОМГП,
 z - глибина установки пункту на дні моря,
 S - вимірні відстані,
 x_1, x_2, y_1, y_2 - координати судна у точках 1 і 2,
 D_i - горизонтальна відстань до ОМГП (рис. 2а).

При сумісному вирішенні цих рівнянь з урахуванням рівняння

$$\Delta x_{1,2}^2 + \Delta y_{1,2}^2 = B^2,$$

отримують формули у вигляді:

$$\begin{aligned} x &= x_1 + (k_1 \Delta x_{1,2} \pm k_2 \Delta y_{1,2}) / B_1 \\ y &= y_1 + (k_1 \Delta y_{1,2} \mp k_2 \Delta x_{1,2}) / B_1 \end{aligned} \quad (2.2)$$

де: $B_1 = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2},$

$$k_1 = (B_1^2 + D_1^2 - D_2^2) / 2 B_1,$$

$$k_2 = (D_1^2 - k_1^2)^{1/2}.$$

Верхні знаки у формулах (2.2) беруться тоді, коли шуканий пункт знаходиться ліворуч від сторони 1-2, рис 2б, а нижні – коли праворуч.

Оцінка точності положення шуканого пункту в одному трикутнику:

$$M_P = (m_S / \sin \gamma) 2^{1/2}$$

Для кількох трикутників з n напрямками на пункт P:

$$M_P = m_S (n / \sum \sin^2 \gamma_{i, i+1})^{1/2}$$

Приклад розрахунків для способу трилатерації наведено у таблиці 1. При розрахунках слід мати на увазі, що визначає мий пункт P розташований праворуч від лінії 1-2.

Таблиця 1. Алгоритм розрахунку для способу трилатерації

Позначення	величини	позначення	величини	позначення	величини
X ₁	15206.73	Y ₁	10479.53	D ₁	5000.03
X ₂	13714.26	Y ₂	13523.84	D ₂	4609.97
X ₂ - X ₁	- 1492.47	Y ₂ - Y ₁	3044.31	B ₁	3354.16
K ₁	2235.86	K ₂	4472.27		
X	10152.73	Y	10518.86		

В алгоритмі визначаються горизонтальні відстані за формулами:

$$D = (S^2 - z^2)^{1/2}, z = z_P - z_I.$$

При $m_s = 0.5$ м і $\gamma = 40^\circ$ отримуємо точність визначення положення пункту Р, і вона дорівнює $M = 1.10$ м. Для найменшої сторони 2 – Р (4700 м) відносна похибка буде дорівнювати:

$$M / S_{2-P} = 1/4300$$

Вихідні дані до завдання дивися у таблиці 2

Таблиця 2. Вихідні дані до практичної роботи

Ва - Ранти	Пункт 1		Пункт 2		Пункт 3	
	X, м	Y, м	X, м	Y, м	X, м	Y, м
1	14999.92	10000.00	13500.21	13000.35	11500.09	13999.99
2	14890.54	11039.76	12800.34	13662.59	10635.23	14224.37
3	14567.58	12033.51	11977.32	14164.37	9743.28	14264.16
4	14045.03	12938.81	11068.19	14484.41	8862.45	14117.83
5	13345.77	13715.69	10112.43	14608.62	8031.02	13791.24
6	17500.06	19330.13	14151.95	19531.31	12285.80	18299.04
7	16545.01	19755.28	13228.46	19255.82	11659.49	17662.65
8	15522.38	19972.61	12382.30	18794.62	11178.68	16909.89
9	14477.22	19972.54	11650.37	18167.40	10865.01	16073.74
10	13454.39	19755.18	11065.02	17401.87	10732.21	15190.33
11	17499.78	24330.16	15651.62	21531.23	15785.82	19299.22
12	16654.15	23715.78	15428.30	20593.89	16023.41	18438.20
13	15954.97	22938.82	15404.76	19630.15	16435.47	17645.39
14	15432.06	22033.71	15582.12	18682.96	17002.54	16955.98
15	15109.14	21039.57	15952.44	17793.15	17701.03	16399.47
16	15000.21	20000.02	16499.71	16999.99	18500.14	16000.21
17	20109.16	23960.64	22200.28	21337.52	24364.31	20775.77
18	20432.27	22966.41	23022.60	20835.57	25256.53	29735.80
19	20954.89	22061.17	23931.64	20515.56	26137.56	20882.39
20	21654.15	21284.38	24887.36	20391.29	26968.77	21208.87

Для усіх варіантів прийнято:

$$S_1 = 5000.75; S_2 = 4610.45; S_3 = 4273.00;$$

$$Z_1 = 1.7 \text{ м}; Z_2 = 2.5 \text{ м}; Z_3 = 2.0 \text{ м}; Z_P = 70.0 \text{ м}.$$

Тема: Визначення ОМГП способом точки найближчого підходу.

У цьому способі судно послідовно проходить двома курсами (при можливості перпендикулярними) над ОМГП або поблизу нього. На кожному курсі курсовий кут (КК) ОМГП багаторазово обпитується судною ГАС і на карті відмічаються точки з мінімальними відстанями до ОМГП. Пункт буде знаходитися на нормалях до ліній курсу, їх перехрещення дає планове положення ОМГП, (рис. 2в).

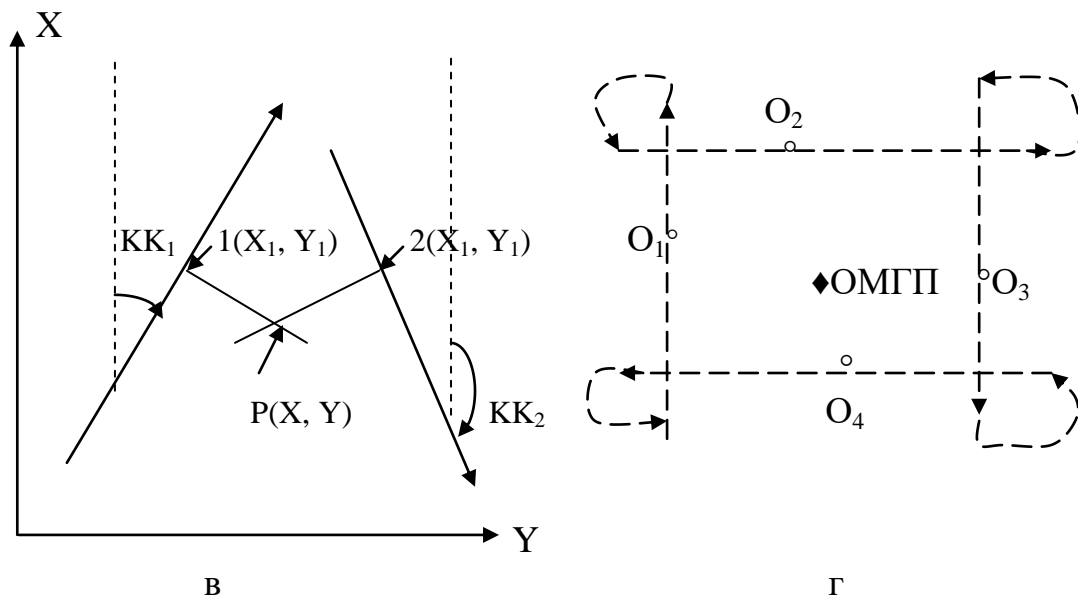


Рис.2в,г. Визначення ОМГП способом точки найближчого підходу:
в – для двох галсів, г – для чотирьох галсів.

У місцевій прямокутній системі координат (СК) планові координати пункту Р визначаються:

$$X = ((x_1 - x_2) \sin(kk_1 + kk_2) + (x_2 + x_1) \sin(kk_2 - kk_1) + (y_2 - y_1) [\cos(kk_1 + kk_2) - \cos(kk_2 - kk_1)]) / S;$$

$$Y = ((y_2 - y_1) \sin(kk_1 + kk_2) + (y_1 + y_2) \sin(kk_2 - kk_1) + (x_2 - x_1) [\cos(kk_1 + kk_2) + \cos(kk_2 - kk_1)]) / S,$$

де $S = 2 \sin(kk_2 - kk_1)$; kk_i – курсові кути.

Для більш надійного визначення положення ОМГП судно виконує декілька проходів різними курсами (рис. 2г), на яких у точках О (місцях обсервацій) вимірюється положення судна за допомогою геодезичних або навігаційних систем.

Похибка у визначенні мінімуму нахильної відстані залежить від шуму акустичного прийомо-передавача і дорівнює:

$$m_{\text{MIN}}^2 = (36 m_s^2 / (n^2(n^2 - 1)d^2)) \sum_{i=1}^n S_i^2 (n + 1 - 2i)^2,$$

де m_s – с.к.в. вимірювання відстані,
 n - загальна кількість запитів ОМГП,
 S_i – нахильні відстані до ОМГП у момент i -го запиту,
 d – відстань за курсом між запитами ОМГП.

Приклад розрахунків представлено у таблиці 3.

Таблиця 3. Алгоритм розрахунку для способу точки найближчого підходу

Позна- Чення	Величини	Позна- чення	Величини	Позна- чення	Величини
x_1	300.00	y_1	200.00	kk_1	0°
x_2	550.00	y_2	400.00	kk_2	90°
$x_2 - x_1$	250.00	$y_2 - y_1$	200.00	$kk_2 - kk_1$	90°
$x_1 + x_2$	850.00	$y_1 + y_2$	600.0	$kk_1 + kk_2$	90°
X	300.00	Y	400.00		

Вихідні дані до завдання див. у табл.4.

Таблиця 4. Вихідні дані до завдання

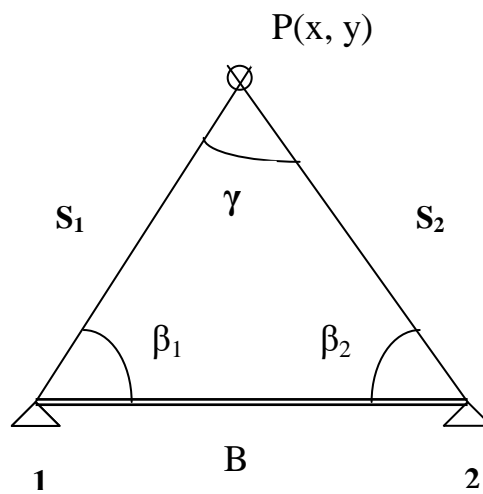
Варіан- Ти	Точка 1			Точка 2		
	kk_1	x_1	y_1	kk_2	x_2	y_2
	2	3	4	5	6	7
1	5.2°	317.69	200.86	95.9°	549.36	421.97
2	10.7	334.93	202.75	99.6	546.51	443.69
3	10.0	334.56	203.12	110.5	534.92	485.41
4	15.6	351.93	206.80	115.8	526.79	505.02
5	19.8	368.49	212.57	120.3	516.31	524.87
6	25.4	384.12	218.70	124.9	504.52	543.74
7	30.3	349.86	176.92	129.7	441.72	510.85
8	35.1	364.51	186.47	136.0	426.53	526.64
9	41.0	378.59	196.54	139.8	410.97	541.15
10	45.4	391.24	208.85	144.8	393.93	554.97
11	89.7	450.33	349.94	190.2	206.95	596.49

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6	7
12	95.1	449.20	417.34	195.6	185.13	641.84
13	99.8	446.94	434.80	200.3	164.15	634.67
14	105.3	443.29	451.56	204.9	144.43	626.85
15	110.4	437.49	468.40	210.8	124.75	616.41

Тема: Визначення положення ОМГП у прибережній зоні методом засічок.

Пряма засічка (Т.Юнг)



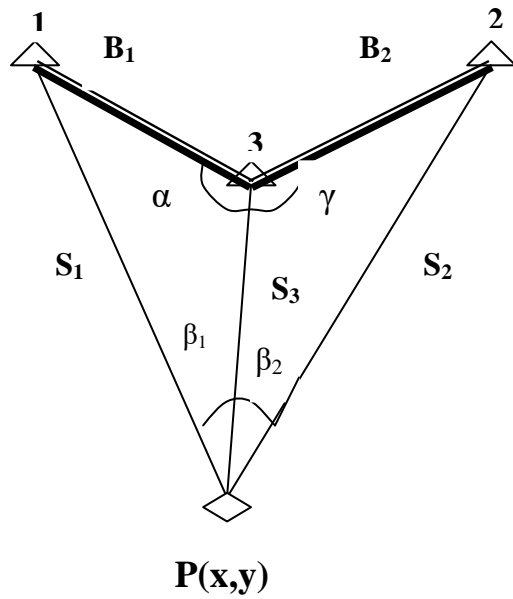
$$x = (x_1 \operatorname{ctg} \beta_2 + x_2 \operatorname{ctg} \beta_1 - (y_1 - y_2)) / (\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2)$$

$$y = (y_1 \operatorname{ctg} \beta_2 + y_2 \operatorname{ctg} \beta_1 + (x_1 - x_2)) / (\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2)$$

$$M = (m_\beta \sqrt{S_1 + S_2}) / \rho \sin \gamma$$

де M – середньоквадратичне відхилення (СКВ) положення пункту P .

Зворотна засічка (М. Кнейсель)



$$x = x_3 + (x - x_3),$$

$$\operatorname{tg} \alpha = (k_1 - k_3) / (k_4 - k_2),$$

$$x - x_3 = (k_1 + k_2 \operatorname{tg} \alpha) / (1 + \operatorname{tg} \alpha), \quad y = y_3 + (x - x_3) \operatorname{tg} \alpha,$$

$$k_1 = (x_1 - x_3) + (y_1 - y_3) \operatorname{ctg} \beta_1, \quad k_2 = (y_1 - y_3) - (x_1 - x_3) \operatorname{ctg} \beta_1,$$

$$k_3 = (x_2 - x_3) - (y_2 - y_3) \operatorname{ctg} \beta_2, \quad k_4 = (y_2 - y_3) + (x_2 - x_3) \operatorname{ctg} \beta_2,$$

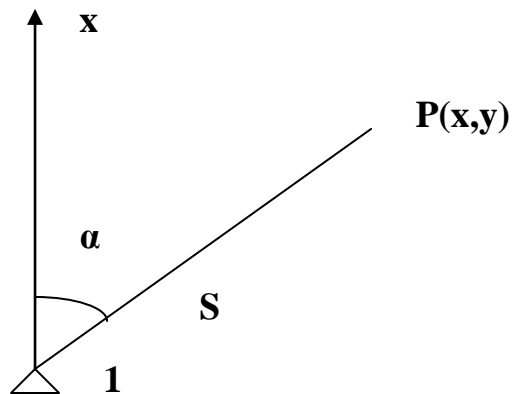
$$M = ((m_\beta S_3) \sqrt{(S_1/B_1)^2 + (S_2/B_2)^2}) / (\rho \sin(\beta_1 + \beta_2 + \gamma))$$

Полярна засічка

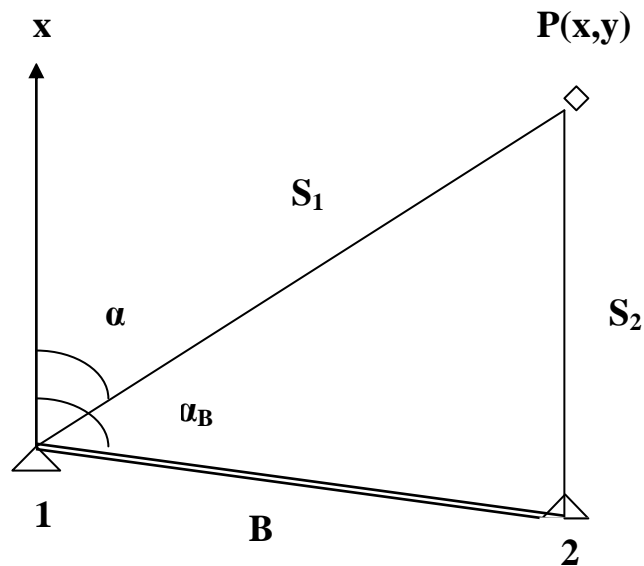
$$x = x_1 + S \cos \alpha$$

$$y = y_1 + S \sin \alpha$$

$$M = \sqrt{m_s^2 + (S/\rho)^2 m_\alpha^2}$$



Лінійна засічка



$$x = x_1 + S_1 \cos \alpha, \quad \alpha = \alpha_B - (\alpha_B - \alpha), \quad \gamma = (\alpha_B - \alpha),$$

$$y = y_1 + S_1 \sin \alpha, \quad \operatorname{cosec} \gamma = (B + S_1^2 - S_2^2) / 2 S_1 B,$$

$$M = m_s (2)^{1/2} \operatorname{cosec} \gamma.$$

3. Рекомендації по підготовці до контрольних робіт

Контрольні роботи студенти денної форми навчання виконують під час аудиторних занять у терміни, визначені Робочою програмою дисципліни, та вказані у Таблиці 1.1. На контрольні роботи винесені, головним чином, питання з тих тем, що вивчаються самостійно. Усього передбачено при вивченні теоретичного курсу дві тестові контрольні роботи, які оцінюються по 30 балів кожна.. Оцінка за контрольну роботу також враховує оцінки, отримані під час усного опитування за темами, що вивчались на лекціях та самостійно.

3.1. Орієнтовні варіанти питань до тестової контрольної роботи

1. Геодезична прив'язка це –
 - а) визначення координат точок;
 - б) орієнтування за сторонами світу;
 - в) визначення перевищення об'єктів .
2. Головна наукова проблема геодезії це –
 - а) повномасштабна зйомка усіх недосліджених районів;
 - б) розробка універсальних геодезичних приладів;

- в) визначення форми та розмірів Землі.
- 3. Вивчення поверхні геоїда виконується головним чином:
 - а) зйомками з літаків;
 - б) дрейфуючими буями;
 - в) супутниковими методами.
- 4. Гравіметричні зйомки дозволяють виявляти:
 - а) місцеві аномалії температури поверхні;
 - б) аномалії гравітаційного поля;
 - в) склад ґрунту.
- 5. Термін «морська геодезія» було введено:
 - а) у XVI сторіччі;
 - б) на початку XIX сторіччя;
 - в) у XX сторіччі.
- 6. Морські опорні геодезичні пункти знаходяться:
 - а) на поверхні моря;
 - б) на дні моря;
 - в) у товщі вод.
- 7. Прив'язка морських опорних геодезичних пунктів здійснюється за допомогою :
 - а) акустичних методів;
 - б) оптичних методів;
 - в) гідрологічних вимірювань.
- 8. У геоцентричній системі координат початок координат знаходиться:
 - а) у центрі мас Землі;
 - б) у місці знаходження спостерігача;
 - в) на екваторі.
- 9. У топоцентричній системі координат початок координат знаходиться:
 - а) у центрі мас Землі;
 - б) у пункті спостереження;
 - в) на небесній сфері.
- 10. Земна система координат:
 - а) обертається разом з Землею;
 - б) нерухома відносно Землі.
- 11. Система просторових прямокутних геоцентричних координат:
 - а) пов'язана з поверхнею Землі;
 - б) не пов'язана з поверхнею Землі.
- 12. При вирішенні навігаційної задачі висота точки:
 - а) визначається обов'язково;
 - б) не має принципового значення.
- 13. У навігації за нульову координатну поверхню приймається:
 - а) поверхня океану;
 - б) поверхня геоїда;
 - в) поверхня, на якій знаходиться спостерігач.
- 14. При виконанні геодезичних обчислень за нульову координатну поверхню приймається:

- а) поверхня океану;
 - б) поверхня геоїда;
 - в) поверхня, на якій знаходиться спостерігач.
15. Для вирішення високоточних геодезичних задач застосовується:
- а) еліпсоїд (референс – еліпсоїд);
 - б) геоїд;
 - в) сфера.
16. Розв'язання геодезичних задач за формулами плоскої геометрії і тригонометрії виконується:
- а) на сфері;
 - б) на площині.
17. У полярній засічці використовується:
- а) один опорний пункт;
 - б) два опорних пункти;
 - в) чотири опорних пункти.
18. При прямій засічці використовуються:
- а) один опорний пункт;
 - б) два опорних пункти;
 - в) три опорних пункти.
19. У гіперболічній засічці використовуються:
- а) один опорний пункт;
 - б) два опорних пункти;
 - в) три опорних пункти.
20. У Глобальній супутниковій радіонавігаційній системі GPS використовується:
- а) Світова геодезична система WGS – 84;
 - б) Світова геодезична система WGS – 72;
 - в) якась інша.
21. Початок координат системи WGS – 84 знаходиться:
- а) на поверхні Землі;
 - б) у центрі мас Землі;
 - в) у центрі ближнього Всесвіту.
22. Система координат WGS – 84 це :
- а) Земна прямокутна система координат;
 - б) сферична система координат;
 - в) полярна система координат.
23. Початковий меридіан у системі WGS – 84:
- а) паралельний нульовому меридіану;
 - б) знаходиться під визначеним кутом до нульового меридіану;
 - в) зовсім не пов'язаний с земними меридіанами.
24. Висота геоїда WGS – 84 характеризується середньоквадратичними похибками:
- а) від 2 до 6 м;
 - б) від 0.1 до 1 м;
 - в) від 10 до 20 м.

25. В геоцентричній системі координат вісь Z спрямована:
- а) за віссю обертання Землі у бік Південного полюсу;
 - б) за віссю обертання Землі у бік Північного полюсу;
 - в) зовсім не пов'язана з віссю обертання Землі.
26. В геоцентричній системі координат основною площиною є:
- а) площина нульового меридіану;
 - б) площина спостерігача;
 - в) площина екватору.
27. Більш високі вимоги щодо точності встановлені при визначенні:
- а) взаємного (відносного) положення пунктів і об'єктів;
 - б) абсолютних положень об'єктів.
28. Багаторазові виміри геометричних параметрів і високоточні кутові виміри неможливо виконувати на плавзасобах через:
- а) не стаціонарність положення плавзасобу;
 - б) погану видимість об'єктів;
 - в) нестабільний радіозв'язок.
29. Точність визначення координат морських опорних геодезичних пунктів, встановлених на дні моря (океану) знаходиться у межах:
- а) 5 – 10 м;
 - б) 1 – 2 м;
 - в) 100 – 200 м.
30. Точність визначення координат донного гравіметра складає:
- а) 700 м;
 - б) 70 м;
 - в) 7 м.
31. Регіональні геофізичні знімання виконуються з точністю визначення координат:
- а) 2500 м;
 - б) 100 м;
 - в) 1000 м.

32. При виконанні рекогносциувальних робіт необхідна точність визначення координат знаходиться у межах:
- а) 1000 – 1500 м;
 - б) 100 – 150 м;
 - в) 10 – 15 м.
33. При детальних знімальних роботах точність визначення координат складає:
- а) 200 – 500 м;
 - б) 2 – 5 м;
 - в) 20 – 50 м.
34. Точність визначення місцеположення точок на дні відносно точок на поверхні при бурильних роботах повинна не перевищувати:
- а) 300 м;

- б) 30 м;
 - в) 3 м.
35. Точність визначення місцеположення точок на дні відносно точок на поверхні при прокладанні трубопроводів та кабелів повинна не перевищувати:
- а) 300 м;
 - б) 30 м;
 - в) 3 м.
36. Точність визначення координат при встановленні меж нафтоносних ділянок становить:
- а) 100 м;
 - б) 1 м;
 - в) 10 м.

4. Організація поточного та підсумкового контролю знань

Методика модульного контролю з дисципліни «Морська геодезія» розроблена у відповідності з тимчасовим положенням про кредитно-модульну систему організації навчального процесу в ОДЕКУ, затвердженим Вченою Радою ОДЕКУ 30.06.2005 р.

До модулів відносяться:

- в теоретичному курсі - окремі розділи, які викладаються в лекціях;
- у практичних заняттях – теми занять, які виконуються згідно з методичними вказівками в аудиторії під керівництвом викладача.

Інтегральна оцінка засвоєння студентом знань та вмінь по навчальній дисципліні складається з оцінок, одержаних з різних модулів. При цьому в інтегральну (підсумкову) оцінку входять оцінки з кожного виду занять і кожного модуля зі своєю вагою, яка відображає:

а) значимість даного модуля з точки зору засвоєння студентами базових знань та вмінь;

б) ритмічність роботи студента, тобто виконання студентом контрольних заходів у термін, який встановлено навчальним планом дисципліни.

Підсумкова атестація передбачає оцінку знань та вмінь студента у вигляді заліку.

Увесь програмний навчальний курс розбито на 4 окремих логічно пов'язаних модулів: теоретичний курс на 2 модулі, практичний курс також на 2 модулі. Інтегральна оцінка засвоєння студентами знань та вмінь по дисципліні «Морська геодезія» у семестрі складається з оцінок, отриманих студентом за окремі модулі.

Контроль поточних та залишкових знань здійснюється за допомогою систематичного опитування студентів, контрольних робіт, та семестрового заліку.

В цілому на дисципліну виділено 120 балів. На оцінку теоретичних знань – 60 балів, на практичну частину – 60 балів.

Теоретичні знання оцінюються за допомогою двох тестових контрольних робіт по 30 балів кожна.

Практичні роботи оцінюються по 10 балів кожна за такими показниками: присутність на занятті, підготовленість до нього, вірність розрахунків, якість оформлення та захист роботи.

Критерії оцінки заліку

Порядок і методика проведення іспитів і заліків з дисциплін визначаються «Положенням про критерії оцінки знань студентів в ОДЕКУ» від 29.11.2012 р.

Результати складання іспитів та диференційних заліків оцінюються за чотирибальною шкалою («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно»), а **заліків** – за дворівневою шкалою («зараховано», «незараховано»), за системою ECTS та шкалою університету (у %).

При визначенні оцінки студенту до уваги беруться:

- рівень його теоретичної підготовки, вміння творчо застосовувати одержані теоретичні знання для вирішення практичних завдань згідно майбутньої спеціальності або спеціалізації, знання можливостей і технічних характеристик устаткування, обладнання та приладів, що застосовуються у майбутній спеціальності або спеціалізації, знання нормативних документів щодо їх експлуатації;
- якість практичної підготовки, вміння проводити, відповідно до фаху, необхідні розрахунки і аналізувати інформацію згідно з державними стандартами і вимогами, вміння складати необхідні звітні документи і проводити необхідні виміри та користуватися відповідним устаткуванням, обладнанням і приладами;
- вміння використовувати при обґрунтуванні своїх рішень останні досягнення науки і техніки;
- якість відповіді (обґрунтованість, чіткість, стислість), здатність впевнено та правильно відповідати на теоретичні питання і пояснювати практичні дії, спроможність логічно будувати свій виступ (відповідь), аргументовано відстоювати особисту точку зору;
- оволодіння методичними навичками.

Критерії оцінки складання заліків базуються на наступних положеннях:

- студент не допускається до заліку у випадку виконання ним менш ніж 50% від практичної частини дисципліни, та менше ніж 50% від теоретичної;
- оцінка «зараховано» (A,B,C,D,E) свідчить про засвоєння студентом

навчального матеріалу (вмін та навичок) **виключно** на підставі **накопичених** результатів виконання ним видів робіт, передбачених робочою навчальною програмою дисципліни, та за умови виконання залікової контрольної роботи (не менше 50%);

- якщо студент не здав залік, він атестується оцінкою «незараховано» (F, FX).

інтегральна оцінка поточної роботи студента в 100-бальній шкалі по дисципліні, яка закінчується заліком, обов'язково включає оцінку залікової контрольної роботи за таким алгоритмом

$$B = 0,75 \times O3 + 0,25 \times OKP,$$

де B – інтегральна оцінка поточної роботи студента в 100-бальній шкалі по дисципліні; O3 – оцінка роботи студента за змістовними модулями,

OKP – оцінка залікової тестової контрольної роботи відкритого типу.

Основою при визначенні критеріїв оцінювання є наступні положення:

оцінка			Визначення
За національною шкалою	За шкалою ECTS	За системою ОДЕКУ (у %)	
5 (відмінно)	A	90-100	Глибокі знання передбаченого програмою матеріалу. Грамотна і логічна відповідь на основні та додаткові запитання. Студент приймає правильні рішення при розв'язанні практичних завдань, бездоганно володіє прийомами роботи з устаткуванням і приладами.
4 (добре)	B	82-89.9	Тверді знання передбаченого програмою матеріалу. У відповідях на основні та додаткові запитання є незначні помилки. Студент правильно використовує отримані знання при вирішенні практичних завдань, правильно володіє прийомами роботи з устаткуванням і приладами.
4 (добре)	C	74-81.9	Тверді знання передбаченого програмою матеріалу. Відповіді на запитання є не повними. Студент правильно використовує отримані знання при вирішенні практичних завдань, правильно володіє прийомами роботи з устаткуванням і приладами, але допускає незначні помилки.
3 (задовільно)	D	64-73.9	Знання у межах базової компоненти. Суттєві неточності у відповідях на запитання, але не припускає грубих помилок при відповіді. Студент припускає окремі помилки або недостатньо чітко виконує роботу з устаткуванням або приладами.
3 (задовільно)	E	60-63.9	Знання у межах базової компоненти, але студент глибоко їх не засвоїв, потребує в окремих випадках навідних запитань для правильних відповідей, припускає окремі помилки або недостатньо чітко

			виконує роботу з устаткуванням або приладами.
2 (незадовільно)	FX	35-59.9	Грубі помилки у межах базової компоненти, але студент після навідних запитань правильні відповіді. Студент не спроможний використати одержані знання на практиці, не володіє навичками роботи з устаткуванням і приладами.
2 (незадовільно)	F	01-34.9	Грубі помилки у межах базової компоненти. Студент не спроможний використати одержані знання на практиці, не володіє навичками роботи з устаткуванням і приладами. Обов'язковий повторний курс навчання по дисципліні.

ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Довідник по інженерній геодезії. – Київ: Вища школа, 1978. – 202 с.
2. Белов В.В. Морська геодезія. Конспект лекцій. - Одеса: ОДЕКУ, 2011. – с.
3. Глумов В.П. Основы морской геодезии. – М.: Недра, 1983. -184 с.
4. Дзуліт П.Д., Денисов О.М. Основи морської геодезії та навігації: Конспект лекцій для студентів Інституту геодезії. – Львів: «Львівська політехніка», 2007. – 152 с.
5. Світова геодезична система координат WGS – 84. Основні положення. – Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2002. – 53 с.
6. Белов В.В. Збірник методичних вказівок до виконання практичних робіт з курсу “Морська геодезія ”. Одеса: ОДЕКУ, 2002. – 41 с.
7. www.library-odeku.16mb.com

Додаткова

8. Морской технический словарь – справочник терминов. Т. 1. Гидрография. Кн. 5. Морская навигация: Учебно – методическое пособие – Одесса: Принт – студия «Абрикос» СПД Бровкин А.В., 2004. – 320 с.