

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Кафедра електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів

« Допущений до захисту »

Завідувач кафедри ЕІС та РК

к.т.н., доцент  Д. В. Костенко

“ 12 ” 06 20 26 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти « бакалавр »

на тему: Підхід до проектування та створення поста енергетики та керування
підводно-технічним засобом

Виконав: студент 4 курсу, групи 4361

Спеціальність:

141 « Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка »



Бодня А. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник

Клочков О. П.
(прізвище та ініціали) 

Рецензент

Востанік А. М. 
(прізвище та ініціали)

м. Миколаїв
2026 рік

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки

Кафедра електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Галузь знань: 14 Електрична інженерія

Спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

« ЗАТВЕРДЖУЮ »

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор

Я. Б. Волянська

“ 22 ”

04

2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр

Студенту Бодні Антону Васильовичу

1. Тема роботи: Підхід до проєктування та створення поста енергетики та керування підводно-технічним засобом

Керівник роботи: канд. техн. наук, доцент кафедри ЕІС та РК Ключков О. П.

затверджені наказом вищого навчального закладу від « » 20 26 року №

2. Термін подання студентом роботи: 10 червня 2026 року

3. Вхідні дані до роботи: технічні характеристики підводно-технічних засобів, масогабаритні характеристики постів енергетики та керування, призначення та технічні характеристики стандартного морського контейнера

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1 Призначення та область застосування поста енергетики та керування підводно-технічним засобом
2 Технічні характеристики поста енергетики та керування підводно-технічним засобом
3 Опис та обґрунтування прийнятих рішень при проєктуванні та створенні поста енергетики та керування підводно-технічним засобом
4 Розрахунки, які підтверджують працездатність поста енергетики та керування підводно-технічного засобу
5. Охорона праці

5. Перелік презентаційних матеріалів (з точним зазначенням назв):

1. Титульний слайд 2. Мета і задачі роботи 3. Склад прив'язної підводної системи

4. Компонування обладнання системи в середині контейнера 5. Складові

прив'язної підводної системи для розміщення в переобладнаному контейнері

6. Технічні характеристики переносного контейнера 7. Розрахунки надійності та

потужності прив'язної підводної системи 8. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	канд. техн. наук, доцент кафедри ЕІС та РК Ключков О.П.	 17.04.26	 13.05.26

7. Дата видачі завдання 15 квітня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Призначення та область застосування	22.04.2026	вик.
2	Технічні характеристики	27.05.2026	вик.
3	Опис та обґрунтування прийнятих технічних рішень	20.05.2026	вик.
4	Розрахунки, що підтверджують працездатність	03.06.2026	вик.
5	Охорона праці	13.05.2026	вик.
6	Оформлення пояснювальної записки та супровідних документів	10.06.2026	вик.

Студент

(підпис)

Бодня А. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ключков О. П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Представлено реалізацію самохідної прив'язної підводної системи, пост енергетики і керування якої виконано на базі морського вантажного контейнера, що її ключовою особливістю. В контейнері передбачено можливість зберігання всіх складових системи та транспортувати її всіма можливими варіантами, які передбачені.

Удосконалення поста енергетики та керування самохідної прив'язної підводної системи запропоновано виконати на основі переобладнання морського вантажного контейнера з забезпеченням мобільності системи використанням автотранспорту. Конфігурація системи у такому вигляді є перспективною для проведення підводно-технічних робіт на об'єктах морської та дорожньої інфраструктури, а також у заходах відповідних державних структур.

Розраховано показники надійності елементів системи та наведені характеристики її основних елементів. Розглянуто питання охорони праці при роботі з комп'ютерною технікою в обмеженому просторі.

Ключові слова: підводно-технічний засіб, пост енергетики та керування, морський контейнер, самохідна прив'язна підводна система, судно-носій.

ABSTRACT

The implementation of a self-propelled tethered underwater system is presented, the power and control post of which is made on the basis of a sea cargo container, which is its key feature. The container provides for the possibility of storing all components of the system and transporting it in all possible options that are provided.

The improvement of the power and control post of the self-propelled tethered underwater system is proposed to be carried out on the basis of re-equipment of a sea cargo container with ensuring the mobility of the system using motor vehicles. The configuration of the system in this form is promising for carrying out underwater technical works on marine and road infrastructure facilities, as well as in the activities of relevant state structures.

The reliability indicators of the system elements are calculated and the characteristics of its main elements are given. The issue of labor protection when working with computer equipment in a confined space is considered.

Keywords: underwater technical facility, power control post, sea container, self-propelled tethered underwater system, carrier ship.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	6
Вступ.....	7
1 Призначення та область застосування поста енергетики та керування підводно-технічним засобом.....	8
1.1 Призначення поста енергетики та керування підводно-технічним засобом	8
1.2 Область застосування поста енергетики та керування підводно-технічним засобом.....	9
2 Технічні характеристики поста енергетики та керування підводно-технічним засобом.....	15
2.1 Технічні характеристики самохідної прив'язної підводної системи.....	15
2.2 Технічні характеристики переносного контейнера.....	15
3 Опис та обґрунтування прийнятих рішень при проектуванні та створенні поста енергетики та керування підводно-технічним засобом.....	18
3.1 Опис елементів електрообладнання самохідної прив'язної підводної системи.....	18
3.2 Підхід до оцінки можливості розміщення електрообладнання прив'язної підводної системи в середині переносного контейнера.....	25
3.3 Порядок введення в дію прив'язної підводної системи на базі переносного контейнера.....	30
4 Розрахунки, які підтверджують працездатність поста енергетики та керування підводно-технічного засобу.....	31
4.1 Розрахунки, що підтверджують надійність складових самохідної прив'язної підводної системи.....	31
4.2 Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи елементів прив'язної підводної системи на базі переносного контейнера.....	35
5 Охорона праці.....	45

5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів, характерних при удосконаленні та випробуваннях поста керування.....	46
5.2 Розробка заходів щодо техніки безпеки при роботі з комп'ютерною технікою в обмеженому просторі.....	50
Висновки.....	58
Перелік посилань.....	59

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ,
ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВП	– вантажний пристрій
ЕО	– електрообладнання
ЕРП	– електрорушійний пристрій
ЛКТ	– лебідка кабель-троса
МК	– міцний корпус
ПЕК	– пост енергетики та керування
ПЗВ	– пристрій захисного відключення
ПТР	– підводно-технічна робота
СН	– судно-носій
СППА	– самохідний прив'язний підводний апарат
СППС	– самохідна прив'язна підводна система

ВСТУП

Значні площі акваторій Чорного та Азовського морів, річок та озер передбачають визначену кількість варіантів використання самохідної прив'язної підводної системи. Найрозповсюдженіша схема застосування розглядається при використанні судна-носія, яке ще називають судном забезпечення. Але така схема не завжди є функціональною, тому базою системи може бути авіатранспорт, автотранспорт тощо.

У межах Одеської, Миколаївської, Херсонської, Запорізької та Донецької областей існує ціла низка об'єктів морської та рекреаційної інфраструктури, для обслуговування яких запропоновано використання самохідної прив'язної підводної системи на основі переобладнаного морського контейнера, мобільність якого буде забезпечувати автотранспорт.

Ряд переваг використання самохідної прив'язної підводної системи у такому варіанті наступний:

- зменшення витрат на утримання за рахунок меншої кількості персоналу та економії ресурсів;
- прийнятно комфортні та безпечні умови експлуатації;
- висока мобільність пересування.

До недоліків слід віднести обмежені точки берегової лінії, куди може дістатися автотранспорт, та умови, які обмежують використання системи тільки, коли база знаходиться на суходолі.

Застосування самохідної прив'язної підводної системи на базі автотранспорту з переобладнаним переносним контейнером може бути реалізовано у рамках підтримки силових міністерств з метою пошуку, виявлення та інспекції вибухонебезпечних предметів і речових доказів біля причальних стінок портів, дамб та при огляді днищ суден.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПОСТА ЕНЕРГЕТИКИ ТА КЕРУВАННЯ ПІДВОДНО-ТЕХНІЧНИМ ЗАСОБОМ

1.1 Призначення поста енергетики та керування підводно-технічним засобом

Виконання підводно-технічних робіт (ПТР) на об'єктах морської інфраструктури з активним використанням самохідної прив'язної підводної системи (СППС) на базі самохідного прив'язного підводного апарата (СППА) легкого класу вимагає мобільності. Досягнення мобільності у такому випадку можливо за умови, що всі елементи СППС будуть розташовані в одному місці, а саме призначеному для цього технічному комплексі, який має здатність перевозитися на колісній базі або переноситися з визначеного судна-носія (СН) на автотранспорт, суходіл та навпаки за допомогою відповідних технічних засобів перевантаження.

Базою такого технічного комплексу може бути переобладнаний вантажний морський контейнер, що перевозиться на судах-контейнеровозах. Його призначення полягає у розміщенні в середині нього всього наявного обладнання СППС з можливістю його розгортання на місці проведення ПТР. У такому застосуванні переобладнання переносного контейнера у першу чергу повинно бути пов'язано зі створенням вузла підключення електроживлення від СН та автономного джерела живлення для аварійного підняття СППА на поверхню у випадку нештатної ситуації та живлення системи при відсутності зовнішнього джерела живлення [3,4].

Використання СППС в такому варіанті з переміщенням за допомогою автотранспорту має забезпечити майже повну автономність системи з гарантуванням ефективного проведення ПТР у морських портах України, на гідротехнічних спорудах та ін.

1.2 Область застосування поста енергетики та керування підводно-технічним засобом

Великі компанії за кордонами нашої країни, що пов'язують свою діяльність з освоєнням континентального шельфу, мають достатньо широкий парк технічних засобів для проведення ПТР у цій області Світового океану. Елементами цього парку значною мірою є декілька СППС та СН. Для досягнення універсальності кожне СН повинно мати можливість працювати на своєму борту не з одною СППС. Це дозволяє брати на борт ту техніку, яка призначена для виконання конкретного виду ПТР [5, 6].

Серед можливих застосувань переносного контейнера як бази для СППС необхідно зазначити, що воно залежить від класу СППА у її складі. Для СППА легкого класу, за звичай, у переносному контейнері створюються дві зони, у одній з яких розміщується пост енергетики та керування (ПЕК) з місцями для операторів підводної техніки, а у іншій – лебідка кабель-троса (ЛКТ), вантажний пристрій (ВП) та безпосередньо сам апарат. У випадку більш важких апаратів переносний контейнер може застосовуватися для розміщення тільки ВП певного типу з ЛКТ та СППА, що створюють певний технічний комплекс, а ПЕК розміщується у іншому переносному контейнері менших розмірів чи для нього виділено визначене місце у складі спеціалізованого СН.

Застосування переносних контейнерів як основи для СППС широко розповсюджене в практиці експлуатації закордонних фірм, що проводять ПТР. Кількість переносних контейнерів може не обмежуватися тільки одним, а може бути обрано для ПЕК та ВП з СППА окремо. Виконаємо огляд використання даного варіанту реалізації СППС за кордоном.

Англійська компанія «SAAB SEAEYE LIMITED» активно використовує у своїй діяльності переносний контейнер. Його зображення наведено на рис. 1.1.

Також у компанії є можливість поставляти ПЕК на базі переносного контейнера у зібраному стані чи у вигляді окремих транспортабельних деталей

для встановлення його на СН замовника. Кінцевий продукт буде представляти з себе джерела живлення, робочі місця для персоналу та допоміжне обладнання в залежності від обраних опцій. Джерела живлення оснащуються усіма проводами та кабелями.



Рисунок 1.1 – Переносний контейнер компанії «SAAB SEAEYE LIMITED»

Приклад вигляду робочого місця оператора СППА в середині контейнера наведено на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Вигляд робочого місця оператора СППА в середині контейнера

На вибір замовника поставляється контейнер для роботи у різних зонах з огляду на техніку електричної та пожежної безпеки. Розміщення обладнання контейнера узгоджується і налаштовується згідно вимог клієнта. Компонування салону контейнера довжиною 4,9 м (16 футів) представлено на рис. 1.3.

З електротехнічної точки зору на вхід контейнера вимагається подача трифазної напруги 380-460 В змінного струму частотою 50-60 Гц зі значенням максимального струму 63 А. В середині контейнера до полу прикріплено трансформатор, на вхід якого подається напруга 380-460 В змінного струму частотою 50-60 Гц, а на виході отримується однофазна напруга 220 В змінного струму повною потужністю 5 кВ·А.

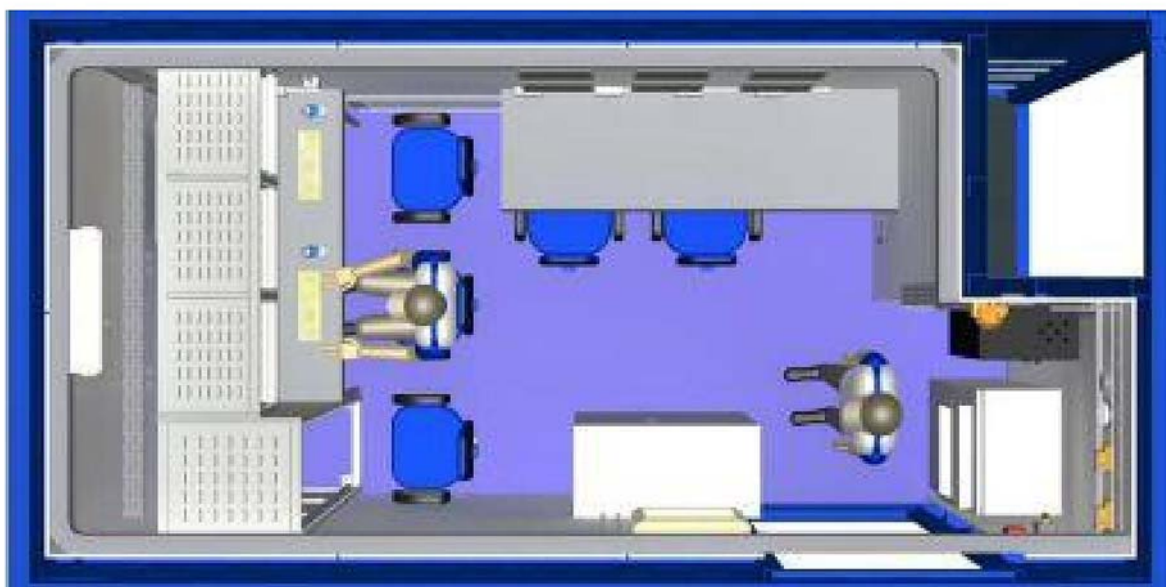


Рисунок 1.3 – Компонування салону контейнера

Контейнер оснащено трифазним розподільним щитом напругою 415 В, де встановлено пристрій захисного відключення (ПЗВ). Вихідні автомати встановлені для наступних об'єктів:

- контейнерний трансформатор з напругою 240 В і повною потужністю 5 кВ·А;
- розподільна коробка, що підключає панель рідкокристалічних екранів СППА з можливим максимальним струмом 32 А;

- вихід розетки струмом 63 А для живлення ЛКТ та ВП.

Контейнерний трансформатор живить однофазний розподільний щит, що оснащено ПЗВ, змінною напругою 240 В. Вихідні автомати встановлені для наступних об'єктів:

- освітлення – по одному для подвійної стрічки світла на стелі та для світильника потужністю 60 Вт з регульованою яскравістю, що розташовано на стелі над оператором СППА. Також один автомат для подвійної стрічки світла аварійного освітлення, що змонтована на стелі у головній секції і автоматично вмикається при втраті електроживлення контейнера;

- для 10 подвійних розеток по 13 А кожна пара. Одна розетка призначена для робочого місця механічних робіт, три – для столу СППА, шість – для стійки 50 см;

- один для виходу нагрівача;

- по одному для внутрішнього і зовнішнього заземлення, що змонтовані в безпечній зоні. Один для внутрішньої точки заземлення біля трансформатора.

Кабелі прокладені в металевих коробах, ПВХ гофрі чи броньовані та закріплені в оцинкованому кабельному лотку. Всі рейки та кабельний лоток пов'язані з заземленням, щоб створити неперервність.

Можливий також варіант контейнера, при якому він в середині поділений на секцію ПЕК та секцію зберігання і запуску СППА (з висувною стрілою). Вигляд такого контейнера наведено на рис. 1.4.

Морська компанія «SEASCAPE» з головним офісом у Нідерландах комплектує контейнер керування СППА згідно умов замовника. Такий виріб може базуватися на вантажному контейнері будь-якого типу і розмірів. Конструктивне виконання повністю відповідає вимогам конвенції безпечності контейнера CSC (Container Safety Convention), про що надається відповідний сертифікат і контейнер керування СППА транспортується як нормальний вантажний контейнер.



Рисунок 1.4 – Вигляд контейнера, що поділено на секції

Розглянемо конструкцію контейнера для СППА «CHEROKEE», моделі якого наведені на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Тривимірні моделі контейнера керування апаратом

Контейнер поділено на два відсіки – пульт керування і експлуатаційна кімната. Вхід до кожного відсіку здійснюється через окремі алюмінієві двері. Повна ізоляція контейнера досягається його облаштуванням стальними «сендвіч»-

панелями, а підлога має два литі шари. Клімат-контроль у кожному відсіку відбувається завдяки наявності кондиціонера і декількох вентиляційних отворів. Контейнер керування СППА повністю оснащено всім електричним обладнанням.

Експлуатаційна кімната має два робочі місця, які можна скласти, та кілька шаф для зберігання інструменту. У підлозі вмонтовані ремені для фіксування обладнання при виникненні необхідності перевезення.

Пульт керування пофарбовано у чорний колір і обладнано червоним освітленням для найкращого сприйняття оператором відеосигналу з екранів моніторів, що сформовані у певну відеосистему на стіні. Ця система демонструє всі зображення з відеокамер та інші інформаційні виходи від СППА. Обладнання керування і вимірювання апарата та дисплеїв на стіні розташовано в трьох 19-ти дюймових (48,26 см) мережевих шафах марки 12U напроти входної двері пульта керування. Ці шафи розташовані так, що обладнання доступне ззаду у експлуатаційній кімнаті і фронтально у відсіку пульта керування. Характеристики контейнера зведені до табл. 2.3 (див. розд. 2).

Таким чином, можливо зазначити, що використання морського вантажного контейнера як високомобільної основи для СППС є вже випробуваною та перевіреною світовою практикою. Це надає змогу з деякою впевненістю пропонувати варіант переобладнання морського вантажного контейнера для залучення його як бази для СППС вітчизняного виробництва, яке відбувається у стінах Національного університету кораблебудування імені Макарова, з перевезенням за допомогою автотранспорту, що дозволить відмовитись від залучення СН при проведенні ПТР на малих глибинах, коли судно забезпечення не може достатньо близько підійти до берегової лінії, щоб довжина КТ була достатньою для досягнення СППА крайніх точок робочої зони. Такий підхід також надасть змогу забезпечити виконання ПТР у місцях, де умови несуть небезпеку для роботи водолазів.

2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ПОСТА ЕНЕРГЕТИКИ ТА КЕРУВАННЯ ПІДВОДНО-ТЕХНІЧНИМ ЗАСОБОМ

2.1 Технічні характеристики самохідної прив'язної підводної системи

Технічні характеристики СППС наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики самохідної прив'язної підводної системи

№ з/п	Характеристика	Показник
1	Робоча глибина, м	100
2	Маршова швидкість, м/с	1,5
3	Габаритні розміри, Д х Ш х В, м	0,9 × 0,6 × 0,45
4	Маса, кг	60
5	Енергоживлення, кВт	3,5
6	Основне обладнання	Ноутбук, кольоровий телевізор, 2 світильника, 1 відеокамера, датчик глибини

2.2 Технічні характеристики переносного контейнера

Характеристики стандартного переносного вантажного контейнера, що застосовується для перевезення вантажів на суднах-контейнеровозах представлені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристики маси та габаритів сухого вантажного контейнера

№ з/п	Характеристика	Довжина	Ширина	Висота
1	Зовнішні розміри, мм	6058	2438	2591
2	Внутрішні розміри, мм	5887	2330	2350
3	Розміри дверей, мм	-	2335	2292
4	Максимальне брутто, кг	24000		
5	Тара, кг	2080		
6	Вантаж, кг	21920		
7	Місткість, м ³	33,9		

Характеристики контейнера керування самохідним прив'язним підводним апаратом фірми «SEASCAPE» зведена до табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Характеристики контейнера керування самохідним прив'язним підводним апаратом фірми «SEASCAPE»

№ з/п	Характеристика	Параметри	
1	Тип контейнера	20-ти футовий вантажний	
2	Електроживлення на вході	Рід струму	Змінний
3		Кількість фаз, од.	3
4		Частота, Гц	50
5		Напруга, В	400
6		Струм, А	40
7		Потужність, кВт·А	5
8	Електроживлення в середині:	Рід струму	Змінний
9		Частота, Гц	50
10	5 виходів	Напруга, В	230
11		Струм, А	16

№ з/п	Характеристика	Параметри	
12	1 вихід	Напруга, В	400
13		Струм, А	10
14	Опалення	Кількість, од.	2
15		Потужність, кВт	1

Таким чином, представлено технічні характеристики СППС, морського вантажного контейнера для переобладнання з метою розміщення складових СППС та технічні характеристики контейнера СППС, що вже перебуває в експлуатації.

3 ОПИС ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ТА СТВОРЕННІ ПОСТА ЕНЕРГЕТИКИ ТА КЕРУВАННЯ ПІДВОДНО-ТЕХНІЧНИМ ЗАСОБОМ

3.1 Опис елементів електрообладнання самохідної прив'язної підводної системи

Склад електрообладнання класичної СППС є типовим для систем, що базуються на СППА легкого класу. Базовими елементами системи, що розглядається, є безпосередньо СППА, КТ, ПЕК.

Одним з елементів СППС є ПЕК, від якого керуючі сигнали по КТ надходять до СППА. ПЕК є однією з основних складових СППС та призначений для наступних функцій:

- а) забезпечення зв'язку СППА з бортовим джерелом живлення СН;
- б) отримання та обробки даних телеметрії з СППА;
- в) отримання, збереження та обробки відеоінформації з відеокамер, встановлених на СППА;
- г) формування керуючих впливів для виконавчих механізмів СППА.

В ролі пристрою відображення інформації можуть виступати як звичайні дисплеї, так і спеціалізовані пристрої відображення. Останні, як правило, є сполученими з модулями обробки даних телеметрії та обміну інформацією.

Модуль обробки відеоданих виконує функцію перетворювача відеосигналів від відеокамер СППА до форми, з якою сумісний пристрій відображення. Також на даний модуль може бути покладене виконання функції запису відеосигналів до носія інформації користувача СППА. Остаточна комплектація модуля обробки відеосигналів залежить від характеристик відеокамер, що встановлені на СППА.

В якості органів керування СППА можуть виступати спеціалізовані пульти керування та/або ігрові маніпулятори типу «геймпад».

Структура та функціональність поста керування також у великій мірі

залежить від інформаційного інтерфейсу, засобами якого буде організований інформаційний обмін між СППА і постом керування. Сьогодні широкого розповсюдження набувають лінії зв'язку, побудовані на базі інтерфейсу Ethernet з використанням у якості середовища передачі коаксіального кабелю або оптично-волоконного кабелю.

СППА дозволяє робити ефективний пошук та інспекцію затонулих об'єктів з використанням відео- та гідроакустичних приладів.

Технічні характеристики СППС приведені (див. табл. 2.2, розд. 2). Вигляд СППА наведено на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Самохідний прив'язний підводний апарат

Синтез СППА, як метод досліджень, передбачає моделювання окремих його елементів з наступним вивченням СППС в цілісності, єдності і взаємозв'язку його частин. Основні з них це СППА, КТ, а також ПЕК та ЛКТ.

Синтез СППА складається з оціночних розрахунків корпусу СППА, РК та решти обладнання і виконується в такій послідовності [1, 2].

Відповідно до складу обладнання СППА враховуються його масо-габаритні параметри $D_{\text{обл}}$ та споживана потужність $P_{\text{обл}}$, яка залежить від режиму експлуатації. В даній постановці задачі ці величини приймаються константами:

$$D_{\text{обл}} = \text{const}, P_{\text{обл}} = \text{const}.$$

Далі на основі власного досвіду обираємо склад, кількість електрорушійних пристроїв (ЕРП) та їх розташування на СППА, що в сукупності повинне утворити конфігурацію рушійного комплексу – $K_{\text{РК}}$. В залежності від конфігурації отримуємо його масо-габаритні параметри $D_{\text{РК}}$ та визначаємо його повну споживану потужність $P_{\text{РК}}$:

$$D_{\text{РК}} = f(K_{\text{РК}}) \quad (3.1)$$

$$P_{\text{РК}} = P_{\text{ЕРП1}} + \dots + P_{\text{ЕРП}i} + \dots + P_{\text{ЕРП}N} \quad (3.2)$$

де $P_{\text{ЕРП}i} = f(K_{\text{РК}})$ – повна споживана потужність i -го ЕРП, N – загальна кількість ЕРП в РК.

Також розраховуються діапазони зміни кожної складової вектора $\vec{F}_{\text{РК}} = \{F_{\text{РК}x}, F_{\text{РК}y}, F_{\text{РК}z}\}$, які підпорядковуються таким виразам:

$$\left. \begin{aligned} F_{\text{РК}x} &\in [F_{\text{РК}x\text{min}}, F_{\text{РК}x\text{max}}]; \\ F_{\text{РК}y} &\in [F_{\text{РК}y\text{min}}, F_{\text{РК}y\text{max}}]; \\ F_{\text{РК}z} &\in [F_{\text{РК}z\text{min}}, F_{\text{РК}z\text{max}}]; \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

де індексами min та max позначені відповідно мінімальні та максимальні значення упорів РК по кожній осі декартової системи координат.

Відомо, що величини $F_{\text{РК}x,y,z}$ залежать від сигналів керування, конфігурації рушійного комплексу та параметрів руху $\vec{V}$ та середовища ρ , а їх максимальні та мінімальні значення можна представити такими залежностями:

$$F_{\text{РК}x,y,z;\text{min,max}} = f(K_{\text{РК}}, \vec{V}, \rho); \quad (3.4)$$

Споживана потужність СППА $P_{ПА}$ визначається за такою формулою:

$$P_{ПА} = P_{обл} + P_{РК}$$

В залежності від $D_{обл}$ та $D_{РК}$ отримуємо масо-габаритні параметри ПА $D_{ПА}$ та силу лобового опору корпусу ПА $F_{ПА}$:

$$D_{ПА} = f(D_{обл}, D_{РК});$$

$$F_{ПА} = 0,5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot c_{ПР} \cdot S_{ПР};$$

де

$c_{ПР}$, $S_{ПА}$ – відповідно гідродинамічний коефіцієнт та характерна площа корпусу СППА.

Вигляд кабель-троса представлено на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Кабель-трос самохідного прив'язного підводного апарата

Зовнішній вигляд комутаційного ящика СППС представлено на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Комутаційний ящик самохідного прив'язного підводного апарата

Ящик комутації СППС представлено на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 – Ящик комутації самохідного прив'язного підводного апарата

Він складається з наступних елементів:

- а) кабель живлення телевізора;
- б) розгалужувач відеосигналу (використовується для одночасної передачі відеосигналу на телевізор та ноутбук);
- в) роздвоєний кабель живлення від блоку комутації (одна частина живить TV-тюнер, друга – телевізор),
- г) кабель від пульта керування підводним апаратом.

Ящик комутації у стані для транспортування представлено на рис. 3.5.



Рисунок 3.5 – Ящик комутації самохідного прив'язного підводного апарата у зібраному стані

Штатний ноутбук використовується для відеореєстрації підводної обстановки в процесі роботи. Він має підключення для живлення TV-тюнера за допомогою роз'єму типу USB. Безпосереднє живлення ноутбука здійснюється за допомогою блоку живлення, під'єднаного до мережевого фільтру. Вигляд ноутбуку у складі ящика комутації наведено на рис. 3.6.



Рисунок 3.6 – Ноутбук поста керування самохідного прив'язного підводного апарата

На рис. 3.7 наведено загальний вигляд комутації блока пульта керування СППА.



Рисунок 3.7 – Загальний вигляд ящика комутації
самохідного прив'язного підводного апарата

Зовнішній вигляд поста керування наведено на рис. 3.8.



Рисунок 3.8 – Зовнішній вигляд поста керування
самохідної прив'язної підводної системи

Таким чином, представлені складові СППС для розміщення у переобладнаному морському контейнері.

3.2 Підхід до оцінки можливості розміщення електрообладнання прив'язної підводної системи в середині переносного контейнера

Зображення переносного контейнера, що пропонується для переобладнання для виконання задач у складі прив'язної підводної системи, з вказаними розмірами наведено на рис. 3.9.



Рисунок 3.9 – Габаритні розміри сухого 20-футового вантажного контейнера

Пост керування у складі прив'язної підводної системи СППС виступає ключовим елементом на одному рівні з прив'язним підводним апаратом СППА, кабель-тросом КТ і вантажним пристроєм ВП, що знаходяться на судні-носії СН.

При розгляді СППС як комплексу пост керування являє собою вузол зв'язку в інформаційному та енергетичному плані між СН і елементами системи. В такій постановці елемент СППС, що розглядається, прийнято називати ПЕК.

Складова СППС, у якості якої виступає ПЕК, знаходить застосування у системах з самохідним СППА.

Величини, що використовуються в розрахунку конструктивних та експлуатаційних параметрів апарата наведені у табл. 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Розрахунки конструктивних параметрів прив'язного підводного апарата

№ з/п	Елемент СППС	Шукані величини	Вхідні дані	Залежності	Розрахунок
1	Обладнання	$D_{\text{обл}}, P_{\text{обл}}$	–	$D_{\text{обл}} = \text{const};$ $P_{\text{обл}} = \text{const};$	–
2	РК	$D_{\text{РК}}$	$K_{\text{РК}},$ $\vec{V}, \rho$	$D_{\text{РК}} = f(K_{\text{РК}});$	–
		$P_{\text{РК}}$		$P_{\text{ЕРП}i} = f(K_{\text{РК}});$	Математичні моделі або паспортні хар-ки ЕРП, що обрані
				$P_{\text{РК}} = \sum_{i=1}^N P_{\text{ЕРП}i}$	Аналітична залежність
		$F_{\text{РК}x,y,z;\text{min,max}}$		$F_{\text{РК}x,y,z;\text{min,max}} = f(K_{\text{РК}}, \vec{V}, \rho)$	Математичні або табличні моделі
3	ПЕК	$D_{\text{ПЕК}}, P_{\text{ПЕК}}$	–	$D_{\text{ПЕК}} = \text{const};$ $P_{\text{ПЕК}} = \text{const};$	–
4	ПА	$D_{\text{ПА}},$	$D_{\text{обл}}, D_{\text{РК}}$	$D_{\text{ПА}} = f(D_{\text{обл}}, D_{\text{РК}});$	–
		$P_{\text{ПА}},$	$P_{\text{обл}}, P_{\text{РК}}$	$P_{\text{ПА}} = P_{\text{обл}} + P_{\text{РК}}$	Аналітична залежність
		$F_{\text{ПА}}$	$V, \rho,$ $c_{\text{ПР}}, S_{\text{ПА}}$	$F_{\text{ПА}} = 0,5\rho V^2 c_{\text{ПА}} S_{\text{ПА}}$	Математична модель
5	КТ	L	L_R	$L = \max(L_R);$	Пошук максимального числа з множини
		$d_{\text{КТ}}$	$P_{\text{ПА}}, u_{\text{ж}},$ n, L	$d_{\text{КТ}} = f(P_{\text{ПА}}, u_{\text{ж}}, n, L)$	Аналітична залежність
		c_n, c_I, r_{min}	В роботі не розглядаються		Довідникові дані

№ з/п	Елемент СППС	Шукані величини	Вхідні дані	Залежності	Розрахунок
6	КЛ	$D_{\text{КЛ}}$	$L,$ $d_{\text{КТ}}, r_{\text{min}}$	$D_{\text{КЛ}} =$ $= f(L, d_{\text{КТ}}, r_{\text{min}});$	—
		$P_{\text{КЛ}}$	В роботі не розглядається		
7	СППА	$D_{\text{СППА}}$	$D_{\text{СППА}},$ $D_{\text{КЛ}}, D_{\text{ПЕК}}$	$D_{\text{ПАР}} =$ $= f(D_{\text{ПР}}, D_{\text{КЛ}}, D_{\text{ПЕК}});$	—
		$P_{\text{СППА}}$	$P_{\text{СППА}},$ $P_{\text{КЛ}}, P_{\text{ПЕК}}$	$P_{\text{ППА}} =$ $= P_{\text{ППА}} + P_{\text{КЛ}} + P_{\text{ПЕК}};$	Аналітична залежність

Таблиця 3.2 – Розрахунок експлуатаційних характеристик прив'язного підводного апарата

№ з/п	Експлуатаційні параметри	Шукані величини	Вхідні дані	Залежності	Розрахунок
1	Оптимальна довжина КТ	L_R	c_n, c_t, R	$l_{ri} = f(r_i, c_n, c_t);$ $\vec{F}_f = \vec{f}(r_i, l_{ri})$	Перебір
2	Робоча зона	R	$L_R, \vec{V}, \rho, d_{\text{КТ}}, c_n, c_t,$ $F_{\text{РКxmin}}, F_{\text{РКxmax}},$ $F_{\text{РКymin}}, F_{\text{РКymax}},$ $F_{\text{РКzmin}}, F_{\text{РКzmax}}$	$\vec{F}_f = \vec{f}(r_i, l_{ri}, \vec{V},$ $\rho, d_{\text{КТ}}, c_n, c_t)$	Перебір

Приймаємо, що на СППА встановлено два маршових та один вертикальний ЕРП однакової моделі, для такої конфігурації приймемо $K_{\text{РК}} = 1$. Результати розрахунку діаметрів КТ та максимальних упорів, які здатен забезпечити такий РК ППА, зведено у табл. 3.4. Оскільки задана тільки одна точка робочої зони, то достатньо розрахувати тільки величини F_{xmax} та F_{ymax} .

Таблиця 3.3 – Дані для розрахунку прив'язного підводного апарата

№ з/п	Дані	Значення
1	Розташування ППА відносно СН, м	$\{300, -150, 0\}$
2	Повна довжина КТ L , м	500
3	Швидкість набігаючого потоку води v , м/с	2
4	Споживна потужність обладнання ПА $P_{\text{обл}}$ (без урахування потужності РК), Вт	300

Таблиця 3.4 – Залежності упорів рушійного комплексу від діаметрів кабель-троса

№ з/п	Модель ЕРП	260	300	520	560	1020	1060	2010	2020	8020
1	Діаметр КТ $d_{\text{КТ}}$, мм	9	9	9	9,2	9,2	11,4	13,0	14,4	19,8
2	Маршовий упор $F_{\text{хmax}}$, Н	68,6	88,2	111,2	178	310	580	1112	1514	2940
3	Вертикальний упор $F_{\text{уmax}}$, Н	53,0	80,3	102,0	170	222	467	911	1137	2254

Далі виконаємо гідродинамічний розрахунок КТ: для точки m_1 та для кожного діаметру КТ з табл. 3.4 отримаємо вектор сили натягу на ходовому кінці КТ. Результати електроенергетичного та гідродинамічного розрахунку КТ зведено в табл. 3.5.

Як бачимо, умова виконання задачі руху є істиною тільки в одному випадку – при використанні моделі ЕРП 8020. При використанні всіх інших моделей ЕРП сила натягу КТ перевищує упори РК і ППА не буде спроможним дістатися заданої точки m_1 відносно КН.

Також за результатами розрахунку видно, що при використанні моделі ЕРП 8020 вертикальний упор $F_{\text{РКУ}}$ в декілька разів перевищує силу натягу, тому

досліднику варто розглянути іншу конфігурацію РК, можливо, обрати менш потужний вертикальний ЕРП і, тим самим, зменшити сумарну потужність СППА, а значить і діаметр КТ.

Таблиця 3.5 – Результати електроенергетичного та гідродинамічного розрахунку кабель-тросу

№ з/п	Модель ЕРП	260	300	520	560	1020	1060	2010	2020	8020
1	Діаметр КТ $d_{КТ}$, мм	9	9	9	9,2	9,2	11,4	13,0	14,4	19,8
2	Маршовий упор $F_{хmax}$, Н	68,6	88,2	111,2	178	310	580	1112	1514	2940
3	Горизонтальна складова сили натягу $F_{КТх}$, Н	1122	1122	1122	1147	1147	1421	1621	1795	2468
4	Вертикальний упор $F_{РКу}$, Н	53,0	80,3	102,0	170	222	467	911	1137	2254
5	Вертикальна складова сили натягу $F_{КТу}$, Н	108	108	108	110	110	137	156	173	232

Таким чином, запропонований підхід дає змогу науково обґрунтовано виконувати оцінки характеристик СППА виходячи з умов поставленої задачі усталеного руху системи «КТ – СППА».

3.3 Порядок введення в дію прив'язної підводної системи на базі переносного контейнера

3.3.1 Розконсервація прив'язної підводної системи на базі переносного контейнера

Проводиться без розбирання шляхом зняття з основних частин зовнішньої консервації після монтажу обладнання на штатному місці. Прив'язний підводний апарат, ПЕК і розподільний щит розконсервації не потребують.

3.3.2 Порядок роботи з переносним контейнером при вантажних операціях

Робота здійснюється в наступній послідовності.

Переносний контейнер разом з закріпленням в середині обладнання переміщається під гак суднового вантажопідйомного пристрою. Керуючи вантажним пристроєм, оператор фіксує контейнер для підйому. На судно-носії встановлюється переносний контейнер. Під час підйому контейнера вантажним засобом, виносу його за причальну стінку і опускання на палубу оператор слідкує, щоб не було зачеплень за металоконструкції судна-носія.

Після того як переносний контейнер буде перенесено на борт він кріпиться по-похідному та до нього під'єднується кабель живлення від судової електроенергетичної системи.

У випадку роботи в автономному режимі обладнання СППС отримує електричне живлення від автономного джерела енергії, у якості якого може бути бензо- чи дизельний агрегат.

4 РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ПОСТА ЕНЕРГЕТИКИ ТА КЕРУВАННЯ ПІДВОДНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

4.1 Розрахунки, що підтверджують надійність складових самохідної прив'язної підводної системи

4.1.1 Загальні зауваження. Безвідмовна робота обладнання СППС на базі переносного контейнера повинна забезпечуватися безпосередньо при обслуговуванні та контролі на кожному з експлуатаційних режимів безперервно або з необхідними за умовами експлуатації зупинками, пусками, включеннями і виключеннями. Довговічність такої системи повинна визначатися такими показниками:

- призначеним повним ресурсом до ремонту - не менше 5000 годин;
- призначеним повним терміном служби - не менш 10 000 годин.

Ремонтопридатність наведеної СППС повинна забезпечуватися пристосованістю до попередження, виявлення та усунення причин виникнення відмов, проведенню необхідного планового технічного обслуговування і ремонту.

Середній час виявлення та усунення відмови силами обслуговуючого персоналу не повинен перевищувати 2-4 хвилини без урахування часу, що потрібен для можливості початку цього процесу.

Прив'язна підводна система на базі переносного контейнера має зберігати задані технічні характеристики, експлуатаційні показники протягом 2 років зберігання в законсервованому стані в умовах СН. Обладнання СППА повинно зберігати показники надійності при оновленні його пошкоджень в умовах СН.

Режим роботи такої СППС та її механізмів повинні відповідати проектним за тривалістю і частоті включення, а також по використанню за призначенням. Стан навколишнього середовища (гідрометеорологічні умови) і суднові умови експлуатації СППС у такому вигляді повинні знаходитися в межах проектних значень. У подальших розрахунках показників надійності прийнято, що повністю

виключаються відмови, пов'язані з грубим порушенням норм експлуатації, а також з неякісним ремонтом.

4.1.2 Напрями забезпечення надійності та принципів резервування. У процесі проектування СППС на базі переносного контейнера будуть виконуватися такі заходи щодо забезпечення та підвищення показників надійності:

- використання елементів системи з початковим високим значенням безвідмовності;
- використання часткового резервування, коли деякі елементи системи можуть при необхідності взяти на себе частково або повністю завдання інших (комп'ютери системи управління);
- використання резервування по живленню (джерело безперебійного живлення);
- використання коштів і сучасних високонадійних електрорадіоелементів (мікропроцесорів, великих інтегральних схем та інших функціональних вузлів вітчизняного та закордонного виробництва).
- застосування полегшених теплових та електричних режимів роботи електрорадіоелементів і функціональних вузлів;
- використання сучасних конструктивів, матеріалів і покриттів;
- відпрацьовування і всебічні випробування СППС в рамках заводських, швартових, ходових і приймально-здавальних випробувань.

4.1.3 Математична модель для розрахунку показників надійності. Математична модель, яка використовується для орієнтовних розрахунків показників надійності, заснована на наступних припущеннях: виріб є поновлюваним; враховуються тільки раптові відмови; закон розподілу часу безвідмовної роботи прийнятий експонентний. Експлуатаційна інтенсивність відмов пристроїв (λ_e), які входять до складу виробу, при послідовній структурній схемі надійності (при відсутності резервування) визначається за формулою:

$$\lambda_e = \sum_{i=1}^n \lambda_{ei}, \quad (4.1)$$

де

λ_{ei} – інтенсивність відмов i – го елемента структурної схеми розрахунку надійності;

n – кількість класів елементів.

Середнє напрацювання на відмову пристроїв і виробів при послідовній структурній схемі розрахунку надійності (при відсутності резервування) визначається за формулою:

$$T_B = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_{ei}}. \quad (4.2)$$

Імовірність безвідмовної роботи за час місії t_0 при послідовній структурній схемі розрахунку надійності (при відсутності резервування) визначається за формулою:

$$P(t_0) = \text{EXP}(-t_0 \cdot \sum_{i=1}^n \lambda_i), \quad (4.3)$$

де

t_0 – час місії.

Імовірність безвідмовної роботи за час місії t_0 при активному навантаженому резервування з абсолютно надійними перемикачами (паралельна структурна схеми надійності) визначається за формулою:

$$P_{\text{сист}}(t_0) = 1 - \prod_{j=1}^{k+1} [1 - P_j(t_0)], \quad (4.4)$$

де

$k + 1$ – число паралельно з'єднаних по структурній схемі надійності пристроїв.

При експонентному розподілу напрацювання на відмову і рівний надійності пристроїв ймовірність безвідмовної роботи $P_{\text{сист}}(t_0)$ за час місії визначається за формулою:

$$P_{\text{сист}}(t_0) = 1 - [1 - \text{EXP}(-\lambda \cdot t_0)]^{k+1}. \quad (4.5)$$

Середнє напрацювання на відмову виробів з резервуванням пристроїв визначається за формулою:

$$T_B = \int_0^{\infty} P_{\text{сист}}(t_0) dt. \quad (4.6)$$

4.1.4 Критерії відмов і структурні схеми надійності. Відмовою СППА на базі переносного контейнера вважаємо таке порушення режимів функціонування, при якому неможливе виконання певних заданих функцій. Відмовою складової частини системи є невиконання заданих функцій (невідповідність вимогам ТУ). Відмови елементів індикації та сигналізації призводять складові частини системи не в стан відмови, а в стан несправності. Відмова будь-якої складової частини призводить до відмови виробу в цілому, тому структурна схема надійності виробу є послідовною.

4.1.5 Поняття граничного стану системи. Граничний стан – стан об'єкта, при якому його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливе чи недоцільне. Критерій граничного стану –

ознака чи сукупність ознак граничного стану об'єкта, встановлені нормативно-технічної та (або) конструкторської (проектної) документацією.

4.2 Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи елементів прив'язної підводної системи на базі переносного контейнера

4.2.1 Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи несучої рами і блоків плавучості (синтактика) самохідного прив'язного підводного апарата

Попередній аналіз показує, що оцінку надійності несучої рами СППА слід проводити після декомпозиції її конструкції на наступні елементи:

клеєві з'єднання (інтенсивність відмов $\lambda_{КЗ}$);

синтактики (інтенсивність відмов $\lambda_{ЕП}$);

замкові з'єднання (інтенсивність відмов $\lambda_{ЗЗ}$).

Попередньо вибираємо інтенсивність відмов (руйнувань) клейових з'єднань згідно з рекомендаціями НДІ підводної техніки НУК ім. адм. Макарова:

$$\lambda_{КЗ} = 0.6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/годин} \quad (4.7)$$

Інтенсивність відмов синтактика (втрата плавучості внаслідок поступового вбирання забортної води під надмірним гідростатичним тиском):

$$\lambda_{ЕП} = 0.57 \cdot 10^{-6} \text{ 1/годин} \quad (4.8)$$

Інтенсивність відмов замкових з'єднань визначаємо з досвіду експлуатації підводних апаратів-аналогів і за довідковою літературою для суднових конструкцій:

$$\lambda_{ЗЗ} = 0.4 \cdot 10^{-5} \text{ 1/годин} \quad (4.9)$$

Тоді інтенсивність відмови несучої рами і блоків плавучості ППА знайдемо як суму:

$$\lambda_{RP} = \lambda_{K3} + \lambda_{EP} + \lambda_{33} = \lambda_{33} = 0.517 \cdot 10^{-5} \text{ 1/годин} \quad (4.10)$$

Інші показники надійності:

$$P_{RP} = e^{-\lambda_{RP}t} = 0,9999948 \quad (4.11)$$

$$T_{RP} = \frac{1}{\lambda_{RP}} = 193.4 \cdot 10^3 \text{ годин} \quad (4.12)$$

4.2.2 Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи міцного корпусу

4.2.2.1 Опис конструкції міцного корпусу. Міцний корпус (МК) призначений для забезпечення фізікомеханічного захисту розміщеної в ньому апаратури від потрапляння морської води і від дії гідростатичного тиску. Виріб являє собою тіло обертання циліндричної форми, яке по торцях має дві сферичні кришки. Причому, на кожній кришці розташовано до 8 гермороз'ємів. Робоча глибина занурення виробу - 200 метрів.

Герметичність конструкції МК забезпечується одним торцевим гумовим ущільненням на кожному гермороз'ємі і двома радіальними гумовими ущільненнями на кожній кришці. Гумові ущільнення виконані із синтетичної гуми ІРП-3012, ТУ 38-103321-76.

4.2.2.2 Формулювання критерію відмови МК. Виходячи з основного призначення, відмовою виробу є розгерметизація конструкції внаслідок виходу з ладу гумових ущільнень, що призводить до потрапляння заборотної води всередину виробу. Імовірність відмови (руйнування під дією зовнішнього гідростатичного тиску) циліндричного корпусу і кришок ПК приймається рівною нулю, так як товщина зазначених елементів обрана з запасом не менше 50% від

розрахункової (максимальної) робочої глибини.

При цьому враховується, що відмова МК відбувається після руйнування обох гумових кілець на ущільненні однієї з кришок виробу, або після руйнування ущільнення на одному з гермороз'ємів. Відмова кожного із зазначених елементів виробу приймається подією випадковим і незалежним.

4.2.2.3 Складання схеми розрахунку надійності МК. Згідно описаного вище поняттю відмови виробу допускається, що його відмова настає при відмові гумового ущільнення одного з гермороз'ємів або однієї з кришок. Введемо в розгляд значущі для розрахунку елементи виробу:

l_i, r_i – радіальні гумові ущільнення лівої і правої сферичних кришок, відповідно;

$i=1, 2$ – номер ущільнення кришки;

g_j – торцеве гумове ущільнення гермороз'єму;

$j=1, \dots, 16$ – номер гермороз'єму.

У зв'язку з цим розрахункова схема з'єднань елементів МК для розрахунку надійності має вигляд, показаний на рис. 4.1.

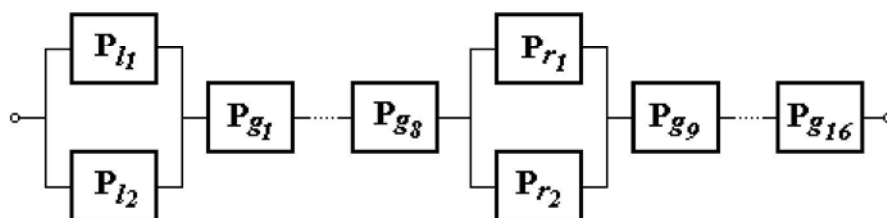


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема надійності міцного корпусу

Отже, спроектований виріб з позицій надійності представляється системою з частковим резервуванням елементів (у нашому випадку - ущільнень кришок МК). Тоді вираз для розрахунку ймовірності безвідмовної роботи виробу має вигляд :

$$P_{\text{КП}} = \prod_{i=l,r} [1 - (1 - P_{i_1})(1 - P_{i_2})] \cdot \prod_{j=1}^n P_{g_j} \quad (4.13)$$

де n – загальна кількість герметичних рознімань, встановлених у виробі.

При припущенні однаковості значень ймовірностей безвідмовної роботи ущільнень кришок та однаковості значень ймовірностей безвідмовної роботи торцевих ущільнень герметичних рознімань, вираз (4.33) записується у вигляді:

$$P_{\text{КП}} = \prod_{i=l,r} [1 - (1 - P_i)^2] \cdot P_g^n \quad (4.14)$$

Приймаючи середній час напрацювання на відмову однаковим для кожного з паралельно з'єднаних однотипних елементів T_i , отримаємо середній час напрацювання на відмову групи z -резервованих елементів T_z з виразу:

$$T_z = T_i \sum_{i=0}^z \frac{1}{i+1} \quad (4.15)$$

де $z=1$ – кратність резервування.

Інтенсивність відмов виробу визначається як сума інтенсивності відмов відповідних груп паралельно і послідовно з'єднаних елементів:

$$\lambda_{\text{КП}} = n\lambda_{zr} + q\lambda_g \quad (4.16)$$

де n, q – відповідно, кількість елементів виробу, які мають подвійне радіальне ущільнення і торцеве ущільнення.

Середній час напрацювання на відмову виробу визначається з відношення:

$$T_{\text{КП}} = 1/\lambda_{\text{KB}} \quad (4.17)$$

4.2.2.4 Вибір закону розподілу випадкових величин. На стадії проектування МК виробів підводної техніки потік відмов їх елементів, в основному,

представлений сумою потоків відмов гумових ущільнень, причому в силу впливу різних факторів сумарний потік стабілізується після відмов припрацювання і стає найпростішим. Тому для його обліку приймаємо експонентний закон розподілу, для якого у довідковій літературі є кількісні характеристики інтенсивності відмов.

4.2.2.5 Визначення інтенсивності відмов елементів МК. У довідковій літературі наведені чисельні значення інтенсивності відмов λ для двох видів ущільнень - обертових і ковзаючих. У розглянутому випадку маємо ущільнення нерухомі, тому з запасом вибирається інтенсивність відмов торцевого ущільнення герметичного рознімання: $\lambda_g = 0,11 \cdot 10^{-6}$ 1/ годин (мінімальна для ковзаючого ущільнення), та інтенсивність відмов радіальних ущільнень кришок контейнера: $\lambda_l = \lambda_r = 0,3 \cdot 10^{-6}$ 1/ годин (середня для ковзаючого ущільнення).

Завдання більш високої інтенсивності відмов для ущільнень кришки обумовлені їх великими розмірами в порівнянні з ущільненнями герметичних рознімань. При цьому передбачається, що інтенсивності відмов для першого і другого радіальних ущільнень кришок однакові.

4.2.2.6 Розрахунок кількісних характеристик надійності ПК. Згідно виразу (4.35) обчислимо математичне сподівання часу безвідмовної роботи резервованих груп гумових ущільнень виробу:

$$T_{zr} = \frac{1}{\lambda_r} \left(1 + \frac{1}{2} \right) = 4,999 \cdot 10^6 \text{ годин} \quad (4.18)$$

Інтенсивність потоку відмов виробу визначимо як суму інтенсивності відмов відповідних груп паралельно й послідовно з'єднаних елементів, приймаючи $n = 2$, $q = 16$:

$$\lambda_{КП} = n\lambda_{zr} + q\lambda_g = 2 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} + 16 \cdot 0,11 \cdot 10^{-6} = 2,16 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ годин} \quad (4.19)$$

$$T_{\text{КП}} = 1/\lambda_{\text{КП}} = 1/2,16 \cdot 10^{-6} = 0,463 \cdot 10^6 \text{ годин} \quad (4.20)$$

4.2.2.7 Розрахунок кількісних характеристик надійності десяти МК СППА

Оскільки конструкція СППА передбачає використання десяти МК однакової конструкції, оцінимо надійність їх роботи в цілому, приймаючи, що має місце послідовна розрахункова схема (відмова будь-якого МК призводить до відмови СППА):

$$\lambda_{\text{К}} = 10\lambda_{\text{КІ}} = 21,6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/годин} \quad (4.21)$$

$$T_{\text{К}} = 1/\lambda_{\text{К}} = 0,046 \cdot 10^6 \text{ годин} \quad (4.22)$$

Таким чином, система СППА у складі десяти міцних корпусів за показниками надійності задовольняє вимогам завдання на дипломну роботу.

4.2.3 Розрахунок надійності електрообладнання самохідного прив'язного підводного апарата

В якості розрахункової схеми оцінки надійності електрообладнання (ЕО) СППА приймаємо послідовну схему, коли його відмова настає після відмови будь-якого з елементів силової схеми або системи управління СППА

$$P_{\text{SIP}} = P_{\text{S}} \cdot P_{\text{C}} \quad (4.23)$$

де P_{SIP} , P_{S} , P_{C} – відповідно, імовірності відмови ЕО в цілому і його силової і керуючої частин. Визначимо інтенсивність відмов силової частини ЕО, виходячи з кількості напівпровідникових силових модулів VT (4 од.) і керуючих модулів VD (4 од.), а також враховуючи інтенсивності відмов провідників струму, конекторів і додаткових електронних компонентів $\lambda_{\text{Е}}$:

$$\lambda_S = 4\lambda_{VT} + 4\lambda_{VD} + \lambda_E \quad (4.24)$$

де

λ_{VT} – інтенсивність відмов VT;

λ_{VD} – інтенсивність відмов VD.

Виходячи з довідкових матеріалів для сучасних силових напівпровідникових приладів і модулів, приймаємо: $\lambda_{VT} = 0,12 \cdot 10^{-6}$ 1/годин, $\lambda_{VD} = 0,1 \cdot 10^{-6}$ 1/годин, $\lambda_E = 0,001 \cdot 10^{-6}$ 1/годин. Тоді маємо:

$$\lambda_S = 4 \cdot 0,12 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} + 0,001 \cdot 10^{-6} = 0,881 \cdot 10^{-6} \text{ 1 годин.} \quad (4.25)$$

Визначимо інтенсивність відмов керуючої частини ЕО СППА, виходячи з кількості узгоджувальних модулів (4 од.), модулів підсилювачів (4 од.), допоміжних модулів електронних елементів (4 од.), а також враховуючи інтенсивності відмов провідників струму, конекторів і додаткових електронних компонентів λ_E :

$$\lambda_C = 4\lambda_K + 4\lambda_{\Pi} + 4\lambda_D + \lambda_E \quad (4.26)$$

де

λ_K – інтенсивність відмов узгоджувального модуля;

λ_{Π} – інтенсивність відмов модуля посилення;

λ_D – інтенсивність відмов додаткових електронних компонентів.

Виходячи з довідкових матеріалів для сучасних напівпровідникових приладів, приймаємо: $\lambda_K = 0,015 \cdot 10^{-6}$ 1/годин, $\lambda_{\Pi} = 0,01 \cdot 10^{-6}$ 1/годин, $\lambda_D = 0,005 \cdot 10^{-6}$ 1/годин, $\lambda_E = 0,001 \cdot 10^{-6}$ 1/годин. Тоді маємо:

$$\lambda_C = 4 \cdot 0,15 \cdot 10^{-7} + 4 \cdot 0,1 \cdot 10^{-7} + 4 \cdot 0,5 \cdot 10^{-8} + 0,1 \cdot 10^{-8} = 0,121 \cdot 10^{-6} \text{ 1/годин} \quad (4.27)$$

Інтенсивність відмов ЕО СППА отримаємо як суму:

$$\lambda_{SIP} = \lambda_S + \lambda_C = 1,002 \cdot 10^{-6} \text{ 1/годин} \quad (4.28)$$

Імовірність безвідмовної роботи ЕО СППА і його середній час напрацювання на відмову визначимо за відомими залежностями:

$$P_{SIP} = e^{-\lambda_{SIP} t} = 0,99999899; T_{SIP} = \frac{1}{\lambda_{SIP}} = 0,998 \cdot 10^6 \text{ годин} \quad (4.29)$$

Таким чином, ЕО СППА за показниками надійності задовольняє вимогам завдання на дипломну роботу.

4.2.4 Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи прив'язного підводного апарата

Розрахунок виконаємо для випадку, коли відмова будь-якого обладнання (вузла, елементів, систем) СППА мінімальної комплектації призводить до неможливості продовжувати підводну місію (відмова СППА). Тут під мінімальною комплектацією розуміється наявність на СППА одного гідролокатора, однієї відеокамери, одного світильника. При такому підході розрахункова схема заміщення може бути представлена у вигляді послідовного з'єднання всіх прийнятих до розгляду вузлів (систем, елементів) СППА. До таких вузлів, виходячи з конструкції СППА, віднесемо: несучу раму і блоки плавучості (інтенсивність відмов λ_{RP}); міцні корпуси (інтенсивність відмов двох міцних корпусів λ_K); маршові рушії (інтенсивність відмов λ_{MP}); лагові і вертикальний підрулюючі пристрої (інтенсивність відмов λ_{PP}); силове електроенергетичне обладнання (інтенсивність відмов λ_{SIP}); гідролокатор (інтенсивність відмов λ_T); відеокамера (інтенсивність відмов λ_{BK}); світильник (інтенсивність відмов λ_{CB}); навігаційна система (інтенсивність відмов λ_{HC}); система телеметрії та інформаційного обміну (інтенсивність відмов λ_T); елементи заборотної

електрокомутації (інтенсивність відмов $\lambda_{ЗК}$).

Вище були виконані розрахунки основних показників надійності для несучої рами і блоків плавучості, десяти міцних корпусів, електрообладнання. В результаті цих розрахунків було отримано такі числові характеристики надійності зазначених вузлів СППА:

$$\lambda_{PI} = 0.517 \cdot 10^{-5} \text{ 1/годин} \quad (4.30)$$

$$\lambda_K = 4.32 \cdot 10^{-6} \text{ 1/годин} \quad (4.31)$$

$$\lambda_{SIP} = 1,002 \cdot 10^{-6} \text{ 1/годин} \quad (4.32)$$

Для маршових і лагових рушіїв інтенсивність відмов у науково-технічній літературі не наводиться, тому приймаємо задекларовану на сайтах фірм-виробників напрацювання на відмову (MTBF) для рушійних модулів підводних апаратів

$$T_{MP} = T_{IP} = (0,1 \dots 0,2) \cdot 10^5 \text{ годин} \quad (4.33)$$

Щодо показників надійності гідролокатора, відеокамери, світильника і навігаційної системи, то зазначена апаратура є спеціально спроектованій і поставляється для застосування у складі підводних апаратів, тому її надійність згідно прайс-листам визначається напрацюванням на відмову (MTBF) в діапазоні $(10-15) \cdot 10^5$ годин. Виходячи з цих даних, приймаємо такі значення інтенсивності відмов для зазначеного обладнання:

$$\lambda_{MP} = \lambda_{IP} = 0,666 \cdot 10^{-4} \text{ 1/годин} \quad (4.34)$$

$$\lambda_{\Gamma} = \lambda_{BK} = \lambda_{C\delta} = \lambda_{HC} = \lambda_T = 0,125 \cdot 10^{-5} \text{ 1/годин} \quad (4.35)$$

Згідно з даними, які наведені в рекламних матеріалах фірм-розробників, елементи заборотної електрокомутації залежно від робочої глибини СППА мають інтенсивність відмов у діапазоні

$$\lambda_{зк} = (0,05 \dots 0,10) \cdot 10^{-5} \text{ 1/годин} \quad (4.36)$$

Обчислимо інтенсивність відмов СППА в цілому, враховуючи прийняти числові значення інтенсивності відмов його основних елементів:

$$\begin{aligned} \lambda_{ГСПН} &= \lambda_{PI} + \lambda_K + \lambda_{SIP} + 2\lambda_{MP} + 2\lambda_{PP} + \lambda_{Г} + \lambda_{BK} + \lambda_{C\phi} + \lambda_{зк} + \lambda_{HC} + \lambda_{T=} \\ &= 0,517 \cdot 10^{-5} + 4,32 \cdot 10^{-6} + 1,002 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0,666 \cdot 10^{-4} + \\ &\quad + 5 \cdot 0,125 \cdot 10^{-5} + 0,05 \cdot 10^{-5} = 15,044 \cdot 10^{-5} \text{ 1/годин.} \end{aligned} \quad (4.37)$$

Обчислимо напрацювання на відмову $T_{ГСПН}$ і ймовірність безвідмовної роботи $P_{ГСПН}$ зазначеного обладнання СППА:

$$T_{НПА} = \frac{1}{\lambda_{НПА}} = 6647 \text{ годин} \quad (4.38)$$

$$P_{НПА} = e^{-\lambda_{НПА} t} = 0,999849 \quad (4.39)$$

Таким чином, запроектований СППА за показниками надійності відповідає вимогам завдання на дипломну роботу.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Сучасні виробничі процеси характеризуються наявністю великої кількості різноманітних небезпечних для людей та довкілля чинників, складними технологічними системами із значною кількістю рухомих елементів, високими рівнями загазованості, пилу, шуму тощо. Навіть звичайна праця в офісі, в бухгалтерії або у науковому відділі вже стає небезпечною для здоров'я працівника, тому що при цьому використовуються персональні комп'ютери, факси, ксерокси та інші прилади, без яких сучасна професійна діяльність неможлива, але всі вони мають високонебезпечні компоненти, які у відповідних умовах впливають на людину негативно.

У вищому навчальному закладі готують до майбутньої професійної діяльності фахівців, керівників виробничих колективів. Від якості їхньої підготовки в найближчому майбутньому буде залежати безпека виробництва та виробничої діяльності багатьох людей. Відповідальність за доручену справу вимагає від фахівця, і особливо від керівника, високоякісних знань в галузі, пов'язаною із забезпеченням комфортних, безпечних та нешкідливих умов праці. Необхідною умовою запобігання виробничим травмам і аваріям є розробка заходів з охорони праці, що попереджують дію на працівників на робочих місцях небезпечних та шкідливих виробничих факторів, ліквідують умови, при яких вони можуть діяти на людей, а також зменшують ризик можливих небезпечних дій самих працівників.

5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів, характерних при удосконаленні та випробуваннях поста керування

У процесі дипломної роботи ведеться дослідно-конструкторська розробка пристрою постановки перешкод. В рамках розробки проводиться експеримент. Завданням експерименту є з'ясування залежності придушення корисного сигналу в приймальному пристрої сигналом із змінною частотою.

Роботи проводяться на лабораторному стенді радіотехнічної лабораторії. При проведенні експерименту робота відбувається при штучному освітленні, вимірювальна апаратура використовує висока напруга.

На робочому місці повинні бути передбачені міри захисту від можливого впливу небезпечних і шкідливих факторів виробництва. Рівні цих факторів не повинні перевищувати граничних значень, обговорених правовими, технічними й санітарно-технічними нормами. Ці нормативні документи зобов'язують до створення на робочому місці умов праці, при яких вплив небезпечних і шкідливих факторів на працюючим або усунуто зовсім, або перебуває в допустимих межах.

Характеристика умов праці оператора поста керування на ПК. При роботі з комп'ютером людина піддається впливу ряду небезпечних і шкідливих виробничих факторів: електромагнітних полів (діапазон радіочастот: ВЧ, УВЧ і СВЧ), інфрачервоного й іонізуючого випромінювань, шуму і вібрації, статичної електрики та ін.

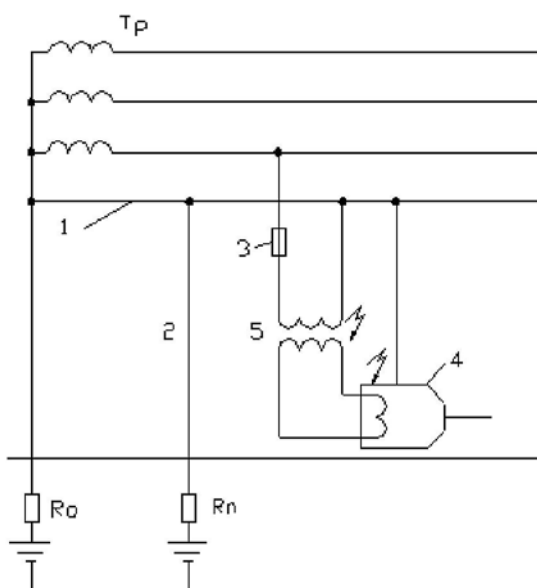
Робота з комп'ютером характеризується значною розумовою напругою й нервово-емоційним навантаженням операторів, високою напруженістю зорової роботи й досить великим навантаженням на м'язи рук при роботі із клавіатурою ЕОМ. Велике значення має раціональна конструкція й розташування елементів робочого місця, що важливо для підтримки оптимальної робочої пози людини-оператора.

У процесі роботи з комп'ютером необхідно дотримувати правильний режим праці та відпочинку. У протилежному випадку в персоналу відзначаються значна

напруга зорового апарата з появою скарг на незадоволеність роботою, головні болі, дратівливість, порушення сну, утомля й хворобливі відчуття в очах, у попереку, в області шиї та руках.

Дія електричного струму на організм людини. Ступінь впливу електроструму на організм людини залежить від його величини, тривалості впливу. У разі якщо пристрої живляться від напруги 380/220 В або 220/127 В в електроустановках з заземленою нейтраллю застосовується захисне занулення.

Наведемо принципову схему занулення на рис. 5.1.



R_0 – опір заземлення нейтралі; R_h – розрахунковий опір людини;

1 – магістраль занулення; 2 – повторне заземлення магістралі;

3 – апарат відключення; 4 – електроустановка (паяльник);

5 – трансформатор

Рисунок 5.1 – Принципова схема занулення

Призначення занулення. Занулення застосовується в чотирьох-провідних мережах напругою до 1 кВ з заземленою нейтраллю. Занулення здійснює захист шляхом автоматичного відключення пошкодженої ділянки електроустановки від мережі і зниження напруги на корпусах зануленні електрообладнання до безпечного на час спрацьовування захисту. З усього вище сказаного робимо

висновок, що основне призначення занулення - забезпечити спрацьовування максимального струмового захисту при замиканні на корпус. Для цього струм короткого замикання повинен значно перевищувати встановлення захисту або номінальний струм плавких вставок.

Сила струму залежить від величини прикладеної напруги і опору ділянки тіла. Опір ділянки тіла складається з опору тканин внутрішніх органів і опору шкіри. При розрахунку приймається $R = 1000 \text{ Ом}$.

Вплив струму різної величини наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Вплив струму на організм людини в залежності від величини

№ з/п	Струм, мА	Вплив на людину	
		Змінний струм	Постійний струм
1	0,5	відсутній	відсутній
2	0,6-1,5	легке тремтіння пальців	відсутній
3	2-3	сильне тремтіння пальців	відсутній
4	5-10	судоми в руках	нагрівання
5	12-15	важко відірвати руки від проводів	посилення нагріву
6	20-25	руки паралізує негайно	посилення нагріву
7	50-80	параліч дихання	ускладнення дихання
8	90-100	при $t > 3 \text{ сек}$ – параліч серця	параліч дихання

До електроустановок змінного і постійного струму при їх експлуатації висувають однакові вимоги з техніки безпеки.

Освітлення. Правильно спроектоване й виконане виробниче освітлення поліпшує умови зорової роботи, знижує стомлюваність, сприяє підвищенню продуктивності праці, благотворно впливає на виробниче середовище, роблячи позитивний психологічний вплив на працюючого, підвищує безпека праці й знижує травматизм.

Недостатність освітлення приводить до напруги зору, послабляє увагу,

приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає осліплення, роздратування й різь в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працюючого. Всі ці причини можуть привести до нещасного випадку або профзахворювань, тому настільки важливий правильний розрахунок освітленості.

Згідно ДБН В.2.5.28-2006 у приміщеннях операторів необхідно застосувати систему комбінованого освітлення.

Вимоги до освітленості в приміщеннях, де встановлені комп'ютери, що впливають: при виконанні зорових робіт високої точності загальна освітленість повинна становити 300лк, а комбінована - 750лк; аналогічні вимоги при виконанні робіт середньої точності - 200 й 300лк відповідно.

Шум і вібрація. Шум погіршує умови праці роблячи шкідливу дію на організм людини. Працюючі в умовах тривалого шумового впливу випробовують дратівливість, головні болі, запаморочення, зниження пам'яті, підвищену стомлюваність, зниження апетиту, болю у вухах і т.д. Під впливом шуму знижується концентрація уваги, порушуються фізіологічні функції, з'являється утом у зв'язку з підвищеними енергетичними витратами й нервово-психічною напругою, погіршується мовна комутація. Все це знижує працездатність людини і його продуктивність, якість і безпека праці. Тривалий вплив інтенсивного шуму [вище 80 дБ (А)] на слух людини приводить до його часткової або повної втрати .

Рівень шуму на робочому місці операторів не повинен перевищувати 50 дБА. Для зниження рівня шуму стіни й стелі приміщень, де встановлені комп'ютери, можуть бути облицьовані звуковбирними матеріалами.

Електромагнітне та іонізуюче випромінювання. Максимальний рівень рентгенівського випромінювання на робочому місці оператора комп'ютера звичайно не перевищує 10 мкБэр/год, а інтенсивність ультрафіолетового й інфрачервоного випромінювань від екрана монітора лежить у межах 10...100 мВт/м².

Для зниження впливу цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори зі зниженим рівнем випромінювання (MPR-II, TCO-92, TCO-99), установлювати захисні екрани, а також дотримувати регламентованих режимів праці та відпочинку.

5.2 Розробка заходів щодо техніки безпеки при роботі з комп'ютерною технікою в обмеженому просторі

Вимоги до виробничих приміщень. Фарбування приміщень і меблів повинна сприяти створенню сприятливих умов для зорового сприйняття, гарного настрою.

Джерела світла, такі як світильники та вікна, які дають відбиття від поверхні екрана, значно погіршують точність знаків і спричиняють перешкоди фізіологічного характеру, які можуть виразитися в значній напрузі, особливо при тривалій роботі. Відбиття, включаючи відбиття від вторинних джерел світла, повинне бути зведене до мінімуму. Для захисту від надлишкової яскравості вікон можуть бути застосовані штори та екрани [7]. Залежно від орієнтації вікон рекомендується наступне фарбування стін і підлоги:

вікна орієнтовані на південь: - стіни зеленувато-блакитний або світло-блакитний кольори; підлога - зелений; вікна орієнтовані на північ: - стіни світло-жовтогарячий або оранжево-жовтий кольори; підлога - червонясто-жовтогаряча; вікна орієнтовані на схід: - стіни жовто-зелених кольорів; підлога зелена або червонисто-жовтогаряча;

вікна орієнтовані на захід: - стіни жовто-зелений або блакитнувато-зелений кольори; підлога зелена або червонясто-жовтогаряча.

У приміщеннях, де перебуває комп'ютер, необхідно забезпечити наступні величини коефіцієнта відбиття: для стелі: 60...70%, для стін: 40...50%, для підлоги: близько 30%. Для інших поверхонь і робочих меблів: 30...40%.

Параметри мікроклімату. Обчислювальна техніка є джерелом істотних тепловиділень, що може привести до підвищення температури й зниженню

відносної вологості в приміщенні. У приміщеннях, де встановлені комп'ютери, повинні дотримуватися певні параметри мікроклімату. У санітарних нормах СН-245-71 установлені величини параметрів мікроклімату, що створюють комфортні умови. Ці норми встановлюються залежно від пори року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Параметри мікроклімату для приміщень, де встановлена комп'ютерна техніка

№ з/п	Період року	Параметр мікроклімату	Величина
1	Холодний	Температура повітря в приміщенні	22...24°C
2		Відносна вологість	40...60%
3		Швидкість руху повітря	до 0,1м/с
4	Теплий	Температура повітря в приміщенні	23...25°C
5		Відносна вологість	40...60%
6		Швидкість руху повітря	0,1...0,2м/с

Норми подачі свіжого повітря в приміщення, де розташовані комп'ютери, наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Норми подачі свіжого повітря в приміщення, де розташована комп'ютерна техніка

№ з/п	Характеристика приміщення	Об'ємна витрата свіжого повітря, яке подається, м ³ на одну особу в годину
1	Обсяг до 20 м ³ на одну особу	Не менш 30
2	20...40 м ³ на людину	Не менш 20
3	Більше 40 м ³ на одну особу	Природна вентиляція

Для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від пори року та доби, чергування праці та відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціонування повітря, опалювальна система).

Ергономічні вимоги до робочого місця. Робоче місце і взаємне розташування всіх його елементів повинне відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця оператора повинні бути дотримані наступні основні умови: оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця й достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи й переміщення. Головними елементами робочого місця оператора пульта діагностування є стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи.

Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення оператора. Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці та документації. Те, що потрібно для виконання робіт частіше, розташовано в зоні легкої досяжності робочого простору: пристрій введення інформації (клавіатура), пристрій виведення інформації (монітор), друкуючий пристрій. Моторне поле - простір робочого місця, у якому можуть здійснюватися рухові дії людини.

Максимальна зона досяжності рук - це частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними максимально витягнутими руками при русі їх у плечовому суглобі.

Оптимальна зона – частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, описуваними передпліччями при русі в ліктьових суглобах з опорою в крапці ліктя й з відносно нерухомим плечем.

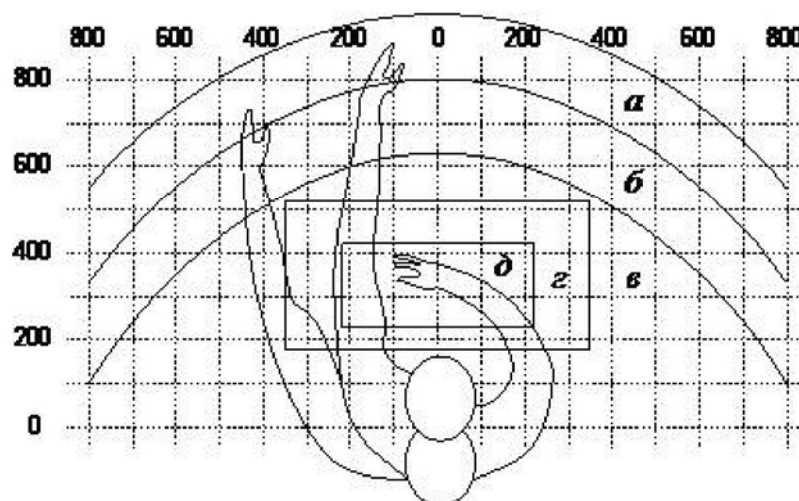
Оптимальне розміщення предметів праці й документації в зонах досяжності:

Дисплей розміщується в зоні **а** (у центрі); системний блок розміщується в передбаченій ніші стола; клавіатура – у зоні **г/д**; маніпулятор «миша» - у зоні **в**

праворуч; принтер перебуває в зоні **а** (праворуч);

Документація, необхідна при роботі - у зоні легкої досяжності долоні – **в**, а у висувних ящиках стола - література, якою не користуються постійно.

Зони досяжності рук у горизонтальній площині наведено на рис. 5.2.

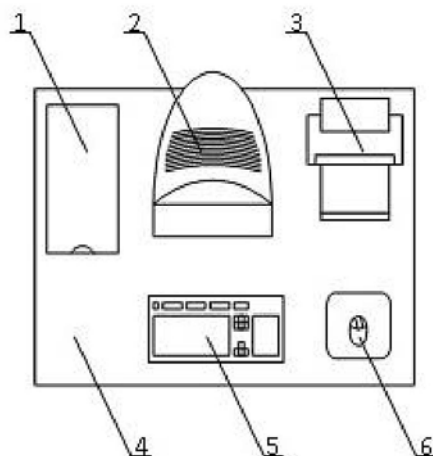


- а) - зона максимальної досяжності; б) - зона досяжності пальців за витягнутої руки; в) - зона легкої досяжності долоні; г) - оптимальний простір для грубої ручної роботи; д) - оптимальний простір для тонкої ручної роботи

Рисунок 5.2 – Зони досяжності рук у горизонтальній площині

Для комфортної роботи стіл повинен задовольняти наступним умовам: висота стола повинна бути обрана з урахуванням можливості сидіти вільно, у зручній позі, при необхідності опираючись на підлокітники; нижня частина стола повинна бути сконструйована так, щоб програміст міг зручно сидіти, не був змушений підтискати ноги; поверхня стола повинна мати властивості, що виключають поява відблисків у поле зору оператора; конструкція стола повинна передбачати наявність висувних ящиків (не менш трьох, для зберігання документації); висота робочої поверхні рекомендується в межах 680-760мм; висота поверхні, на яку встановлюється клавіатура, повинна бути близько 650мм.

Розміщення основних і периферійних складових персонального комп'ютера представлено на **рис. 5.3**.



1 - сканер, 2 - монітор, 3 - принтер,
4 - поверхня робочого столу; 5- клавіатура, 6 - маніпулятор типу «миша»

Рисунок 5.3 – Розміщення основних і периферійних складових персонального комп'ютера

Велике значення надається характеристикам робочого крісла. Так, що рекомендує висота сидіння над рівнем підлоги перебуває в межах 420-550мм. Поверхня сидіння м'яка, передній край закруглений, а кут нахилу спинки - регульований.

Необхідно передбачати при проектуванні можливість різного розміщення документів: збоку від відеотермінала, між монітором і клавіатурою й т.п. Крім того, у випадках, коли відеотермінал має низька якість зображення, наприклад помітні мелькання, відстань від очей до екрана роблять більше (близько 700 мм), чим відстань від ока до документа (300-450 мм). Взагалі при високій якості зображення на відеотерміналі відстань від очей користувача до екрана, документа й клавіатури може бути рівним. Положення екрану визначається: відстанню зчитування (0,6...0,7м); кутом зчитування, напрямком погляду на 20° нижче горизонталі до центра екрана, причому екран перпендикулярний цьому напрямку. Повинна також передбачатися можливість регулювання екрана: по висоті $+3^\circ$ см; по нахилі від -10° до $+20^\circ$ щодо вертикалі; у лівому і правому напрямках.

Велике значення також надається правильній робочій позі користувача. При незручній робочій позі можуть з'явитися болі в м'язах, суглобах і сухожиллях.

Вимоги до робочої пози оператора пульту діагностування наступні: голова не повинна бути нахилена більш ніж на 20° , плечі повинні бути розслаблені, лікті - під кутом 80° ... 100° , передпліччя й кисті рук - у горизонтальному положенні.

Причина неправильної пози користувачів обумовлена наступними факторами: немає гарної підставки для документів, клавіатура перебуває занадто високо, а документи - низько, нікуди покласти руки й кисті, недостатній простір для ніг. З метою подолання зазначених недоліків даються загальні рекомендації: краще пересувна клавіатура; повинні бути передбачені спеціальні пристосування для регулювання висоти стола, клавіатури та екрана, а також підставка для рук.

Істотне значення для продуктивної і якісної роботи на комп'ютері мають розміри знаків, щільність їхнього розміщення, контраст і співвідношення яскравості символів і екрану. Якщо відстань від очей оператора до екрана дисплея становить 60...80 см, то висота знаку повинна бути не менш 3мм, оптимальне співвідношення ширини й висоти знаку становить 3:4, а відстань між знаками - 15...20% їхньої висоти. Співвідношення яскравості тла екрана та символів – від 1:2 до 1:15.

Під час користування комп'ютером фахівці радять установлювати монітор на відстані 50-60 см від очей. Також вважають, що верхня частина монітору повинна бути на рівні очей або трохи нижче. Коли людина дивиться прямо перед собою, його очі відкриваються ширше, ніж коли він дивиться униз. За рахунок цього площа огляду значно збільшується, викликаючи зневоднювання очей. До того ж якщо екран установлений високо, а очі широко відкриті, порушується функція моргання. Це значить, що очі не закриваються повністю, не обмиваються слізною рідиною, не одержують достатнього зволоження, що приводить до їхньої швидкої стомлюваності.

Створення сприятливих умов праці та правильне естетичне оформлення робочих місць на виробництві мають велике значення як для полегшення праці, так і для підвищення її привабливості, що позитивно впливає на продуктивність.

Забезпечення пожежної безпеки. Забезпечення пожежної безпеки неможливе без належного контролю й нагляду за дотриманням вимог норм виробничої та пожежної безпеки, технологічного режиму, правил і норм технічної документації. Кожен об'єкт господарювання, має розробляти заходи щодо організації протиаварійних, газо- і пожежорятувальних робіт та встановлювати нормативний порядок їх виконання в умовах позаштатних ситуацій, а також організувати пожежну охорону для профілактичного та оперативного обслуговування.

З метою забезпечення пожежної і вибухової безпеки, необхідно здійснювати контроль за параметрами вихідних речовин, складом атмосферного повітря виробничих приміщень, режимом роботи технологічного та електричного обладнання. Контролю мають підлягати такі пожежовибухонебезпечні параметри, як температура спалаху, межа спалахування, температурна межа спалаху горючих та легкозаймистих рідин і т. ін. Загальні заходи для запобігання пожеж. Для запобігання пожеж розробляють: організаційні, експлуатаційні, технічні, режимні, пожежоевакуаційні, тактико-профілактичні, конструктивні та інші заходи.

До організаційних заходів відносять: правильне розміщення технологічного обладнання, машин, матеріалів, робочих місць з дотриманням відповідних проходів; недопущення захаращення приміщень, проходів, і т. ін.; організацію пожежних служб і ПТК; навчання працівників правилам пожежної безпеки; дотримання правил зберігання матеріалів на складах та техніки в приміщеннях і робочих місцях.

Експлуатаційні заходи передбачають такі режими експлуатації технологічного обладнання і машин, в результаті яких повністю виключається можливість виникнення іскор і полум'я при роботі обладнання, машин, контакт нагрітих деталей обладнання з горючими матеріалами. До технічних належать заходи, що стосуються правильного монтажу та експлуатації електрообладнання, печей тощо.

До заходів режимного характеру відносять: заборона куріння, застосування вогню, правильне зберігання промаслених ганчірок, безперервний контроль за зберіганням запасів легкозаймистих та інших матеріалів здатних до самозаймання. Тактико-профілактичні заходи передбачають швидку дію пожежних команд, забезпечення об'єктів первинними засобами пожежогасіння.

Заходи запобігання пожежам від розрядів статичної та атмосферної електрики зводяться до влаштування заземлення та блискавкозахисту об'єктів. Заходи конструктивного характеру здійснюють у процесі проектування і будівництва шляхом створення протипожежних конструкцій, відсіків, розривів, зон тощо.

Пожежне спорядження. У пожежній техніці використовують: інструмент, обладнання, пожежні мотопомпи, спеціальний одяг, газодимозахисне спорядження особового складу. Цими засобами для гасіння пожеж обладнують пожежні пункти (щити). Крім цього до пожежного обладнання відносять інструмент для різання електричних дротів, бензомоторні пили і ранцеві газорізальні установки.

Пожежними мотопомпами, переносними і причіпними, перекачують воду з води і подають її для гасіння. Працюють мотопомпи від двигунів внутрішнього згоряння. Пожежні насоси призначені для всмоктування води і подавання її по рукавних лініях на позиції ствольщиків.. До їх спорядження також входить пояс, карабін і поясна сокира. Під час гасіння пожеж пожежники змушені працювати у середовищі диму, пари і газу, що утворюються в процесі горіння речовин і матеріалів. Окрім цього, при пожежі можуть бути порушені трубопроводи та ємності з різними газами, парами і рідинами, що мають отруйні властивості. Для забезпечення роботи пожежників у непридатному для дихання середовищі шкідливі речовини відсмоктують або нагнітають у приміщення свіже повітря димососами, а також використовують індивідуальні засоби захисту - фільтруючі та ізолюючі протигази.

ВИСНОВКИ

1. Виконано огляд використання спеціалізованих переносних контейнерів у прив'язних підводних системах закордонного виробництва, їх планування та оснащення
2. Досягнення мобільності самохідної прив'язної підводної системи можливо забезпечити за рахунок використання у її складі переобладнаного переносного стандартного вантажного контейнера
3. Запропоновано електрообладнання прив'язної підводної системи, яке пропонується до розташування в середині переносного контейнера для досягнення можливості швидкого розгортання та згортання системи при підготовці, проведенні та завершенні підводно-технічних робіт
4. Проведено розрахунок надійності елементів прив'язної підводної системи на базі переносного контейнера

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Блінцов В.С. Прив'язні підводні системи [Текст] /В.С.Блінцов// Монографія. – Київ: Наукова думка, 1998. – 232 с.
2. Блінцов В.С. Проектування самохідних прив'язних підводних систем. – Підручник. – Київ: Наукова думка, 1997. - 140с.
3. Воробйов Ю.Л., Баскаков С.М. Техніка освоєння континентального шельфу. Підручник. – Одеса: ОНМА, 2003. – 107 с.
4. Блінцов О.В. Методика визначення проектних параметрів самохідної прив'язної підводної системи для режиму усталеного руху [Електронний ресурс] / Киристюк О.М. // Електронне видання «Вісник НУК». – Миколаїв: НУК, 2010. – №3. Режим доступу: <http://ev.nuos.edu.ua/ru/publication?publicationId=7380>
5. Ставинський А.А., Блінцов С.В. Удосконалення математичної моделі самохідного підводного апарата для дослідження просторового руху // Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування. – Миколаїв : НУК, 2004. – № 3 (396). – С. 161–166.
6. Блінцов, О.В. Підвищення ефективності розрахунків характеристик кабель-троса прив'язної підводної системи як об'єкта керування. Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків, 2008. – Вып. 2/2 (32). – С. 36-40.