

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: Електроенергетична система прив'язних підводно-технічних засобів як
об'єкт удосконалення

Виконав: студент 4 курсу, групи 4367ст3

Спеціальність:

141 « Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка »



Березовський А. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Клочков О. П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Войтківський 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” 07 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр

Студенту Березовському Андрію Валентиновичу

1. Тема роботи: Електроенергетична система прив'язних підводно-технічних засобів як об'єкт удосконалення

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «22.07» 20 26 року № 286

2. Термін подання студентом роботи: 10 червня 2026 року

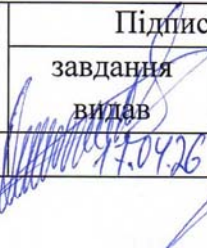
3. Вхідні дані до роботи: технічні характеристики прив'язного підводно-технічного засобу, технічні характеристики електроенергетичної системи, призначення та технічні властивості складу електрообладнання підводного апарата

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1 Призначення та область застосування електроенергетичної системи прив'язних підводно-технічних засобів 2 Технічні характеристики прив'язного підводно-технічного засобу 3 Опис та обґрунтування прийнятих рішень при удосконаленні електроенергетичної системи прив'язного підводно-технічного засобу 4 Розрахунки, які підтверджують працездатність електроенергетичної системи прив'язного підводно-технічного засобу 5. Охорона праці

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

1. Титульний слайд 2. Мета і задачі роботи 3. Функціональні схеми живлення підводних об'єктів 4. Схема з'єднань електричних споживачів апарата 5. Вигляд електрорушійного пристрою 6. Елементи відеокomплексу апарата 7. Конфігурація, переріз та зберігання кабель-троса 8. Електричний розрахунок кабель-троса 9. Основні результати розрахунку кабель-троса 10. 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	век.
2	Технічні характеристики	27.05.2026	век.
3	Опис та обґрунтування прийнятих технічних рішень	20.05.2026	век.
4	Розрахунки, що підтверджують працездатність	03.06.2026	век.
5	Охорона праці	13.05.2026	век.
6	Оформлення пояснювальної записки та супровідних документів	10.06.2026	век.

Студент

(підпис)

Березовський А. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ключков О. П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Надано відомості про систему електроживлення прив'язного підводного апарата вітчизняного виробництва.

Наведено особливість системи, яка полягає в передачі електричних та телеметричних сигналів по одних і тих же провідниках. Такий підхід надає можливість використання кабель-тросу меншого діаметру, що дозволяє збільшити робочу зону апарата.

Розглянуто питання охорони праці при експлуатації прив'язної підводної техніки.

Ключові слова: електроенергетична система, прив'язний підводний апарат, кабель-трос, судно-носій, електрорушійний пристрій.

ABSTRACT

Information is provided about the power supply system of a domestically produced tethered underwater vehicle.

The peculiarity of the system is given, which consists in transmitting electrical and telemetric signals over the same conductors. This approach makes it possible to use a cable of smaller diameter, which allows to increase the working area of the device.

The issue of labor protection during the operation of tethered underwater equipment is considered.

Keywords: electric power system, tethered underwater vehicle, cable-tether, carrier vessel, electromotive device.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	5
Вступ.....	6
1 Призначення та область застосування електроенергетичної системи прив'язних підводно-технічних засобів.....	7
1.1 Призначення електроенергетичної системи підводно-технічного засобу....	7
1.2 Область застосування електроенергетичної системи підводно-технічного засобу.....	11
2 Технічні характеристики прив'язного підводно-технічного засобу.....	20
2.1 Електротехнічні характеристики прив'язного підводно-технічного засобу	20
2.2 Загальні технічні характеристики прив'язного підводно-технічного засобу.....	20
3 Опис та обґрунтування прийнятих рішень при удосконаленні електроенергетичної системи прив'язного підводно-технічного засобу.....	23
3.1 Опис прив'язного підводно-технічного засобу.....	23
3.2 Розробка структури прив'язного підводно-технічного засобу.....	28
3.3 Опис електричних споживачів прив'язного підводно-технічного засобу...	32
4 Розрахунки, які підтверджують працездатність електроенергетичної системи прив'язного підводно-технічного засобу.....	39
4.1 Розрахунок електричних параметрів кабель-троса.....	39
4.2 Розрахунок фізичних параметрів кабель-троса.....	41
5 Охорона праці.....	47
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, які впливають на людину при розробці системи.....	47
5.2 Заходи техніки безпеки при облаштуванні робочого місця оператора персонального комп'ютера.....	50
Висновки.....	59
Перелік посилань.....	60

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ,
ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АБ	– акумуляторна батарея
БЧ	– бортова частина
ВВКТ	– вузол вводу кабель-троса
ВДЖ	– вторинне джерело живлення
ВП	– вантажний пристрій
ЕРП	– електрорушійний пристрій
ЗФ	– загороджувальний фільтр
КВ	– керований випрямляч
КП	– коаксіальна пара
КТ	– кабель-трос
ЛКТ	– лебідка кабель-троса
НДА	– науково-дослідна апаратура
ПЕК	– пост енергетики та керування
ППА	– прив’язний підводний апарат
ППН	– перетворювач постійної напруги
ППС	– прив’язна підводна система
ПТР	– підводно-технічна робота
РРК	– рушійно-рульовий комплекс
СЕЖ	– система електроживлення
СН	– судно-носій
СОПІ	– система обробки і передачі інформації
СП	– сигнальна пара
СЧ	– суднова частина
ФП	– фільтр приєднання

ВСТУП

Проведення підводно-технічних робіт в акваторіях країни, а також у відкритому морі, не завжди може бути реалізовано з залученням водолазів з огляду на ризик для життя, обмеження робочого простору або інших факторів впливу.

При цьому запит на використання прив'язної підводної техніки в таких випадках зростає за необхідності проведення наведених вище робіт в умовах, де можливості людини, яка занурюється під воду, обмежені.

Підводний апарат у складі прив'язної підводної системи обладнано електрорушійним комплексом для переміщення у водному просторі та відеокамерами для передачі відеозображення на пост енергетики і керування провідниками кабель-троса.

Досягнення мінімального значення діаметра кабельної лінії є важливим, тому що від неї залежить буксирувальний опір, який необхідно долати рушійно-рульовому комплексу, а ще кабель-тросом передається як електроживлення для споживачів апарата так і телеметрична інформація від нього на поверхню.

Для вирішення даного питання у кваліфікаційній роботі запропоновано технологію, яка дозволяє передавати телеметричну інформацію силовими провідниками і керувати електрообладнанням апарата.

Розглянуто електричні споживачі прив'язного підводного апарата, їх взаємозв'язок та з'єднання.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИВ'ЯЗНИХ ПІДВОДНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

1.1 Призначення електроенергетичної системи підводно-технічного засобу

Прив'язні підводні системи (ППС) використовуються при вивченні та освоєнні Світового океану, а також при виконанні підводних робіт на внутрішніх водоймах - ріках, озерах.

Прив'язні підводні системи утворюють широкий клас підводної техніки для виконання пошукових, інспекційних, аварійно-рятувальних та інструментальних робіт під водою. Розширення підводних робіт з застосуванням прив'язного підводного апарата обумовлене низкою унікальних експлуатаційних властивостей цього виду техніки:

- практично необмежений час перебування і роботи під водою, обмежена тільки фізіологічними можливостями оператора ППС;
- передача відеосигналу та телеметричної інформації про підводну обстановку у реальному часі. Види і об'єми інформації, що одержуються, дозволяють надати більш повне уявлення про підводну обстановку і об'єкти, що спостерігаються;
- можливість дистанційного керування підводними маніпуляторами та іншими підводними приладами та інструментами без присутності водолаза;
- супровід і керуванням водолазними роботами та підводними технологіями (пошук та ідентифікація об'єктів, будівництво) з забезпеченням "ефекту присутності" фахівців, які не мають водолазної підготовки;
- відсутністю людини-гідронавта на борту, що знижує вартість ППС у порівнянні з населеними підводними апаратами і не створює додаткових обмежень при застосуванні ППС у складних гідрометеорологічних умовах;
- простота побудови і більш низька вартість у порівнянні з автономними системами. Це викликано відсутністю в їх конструкції ряду складних і дорогих

підсистем енергетики, навігації та інформатики підводного виконання. Перелічені підсистеми розташовуються на судні-носії і у більшості випадків до них пред'являються менш суворі вимоги до характеристик маси і габаритів. Вартість і складність ненаселених ППС істотно спрощується через відсутність у їх складі систем життєзабезпечення.

Крім того, більшість ППС у порівнянні з автономними підводними системами відрізняються простотою побудови і більш низькою вартістю.

Прив'язний підводний апарат у складі ППС являє собою ненаселене інженерне спорудження для проведення підводних спостережень і робіт при безпосередньому зв'язку із судном-носієм за допомогою кабель-троса. Таким чином, до складу ППС входять:

1. Ненаселений прив'язний підводний апарат (ППА)
2. Кабель-трос (КТ)
3. Пост енергетики і керування (ПЕК)
4. Вантажний пристрій (ВП)

Своїм корінним кінцем КТ прикріплено до судна-носія (СН), а ходовим - до ППА за допомогою вузла вводу КТ (ВВКТ) і служить, у загальному випадку, для буксирування ППА, керування підводним апаратом і підведення до нього енергії з СН, передачі інформації.

Призначення ПЕК полягає в генерації електричної енергії необхідної для роботи ППС, а також для керування роботою ППА і палубних вантажопідйомних пристроїв, прийому, аналізу і документування надісланої від ППА інформації.

За допомогою ВП виконуються операції спуска та підйому ППА і витравлювання-вибирання КТ. Специфіка роботи ВП для ППА складається в необхідності відслідковувати значні взаємні переміщення СН і ППА в моменти підйому ППА з води і посадки на воду, демпфуванні динамічних навантажень у вантажних канатах при операціях спуску та підйому на

хвилюванні і обмеженні небезпечного гойдання ППА в повітрі в умовах хитавиці.

Конструктивно ППА являє собою тверде тіло, що добре обминається потоком води та має рушії (гребні гвинти, що приводяться в рух електродвигунами) для подолання сил гідродинамічного опору корпусу ППА та КТ. Приймається, що корінний кінець КТ закріплено на ЛКТ, а ходовий кінець – на ППА [1].

Кабель-трос є гнучким елементом ППС, який має у поперечному перетині форму круга. При обтіканні потоком води такий елемент, у загальному випадку, приймає просторову форму, на ньому утворюються сили гідродинамічного опору, які повинен долати ППА. Призначення КТ полягає в живленні ППА електроенергією (енергетична функція), інформаційний обмін між ППА та ПЕК (інформаційна функція), силова взаємодія ППА з СН (вантажна функція). Керованою величиною КТ у процесі просторового руху ППС є довжина його випущеної частини, яка задається за допомогою ЛКТ і забезпечує задану просторову форму кабель-троса. Керуючою величиною ЛКТ є сигнал керування мотор-редуктором барабана.

Керуюча функція ПЕК полягає в забезпеченні заданого просторового руху ППА шляхом генерації керуючих сигналів на електродвигуни ЕРК та ЛКТ на основі обробки сигналів зворотного зв'язку від сенсорів СППС та/або по обчисленню.

Прив'язний підводний апарат, як наведено вище, зазвичай забезпечується електроенергією по кабель-тросу, по якому одночасно передається також телеметрична інформація (рис. 1.1). Така схема забезпечує необхідну автономність по енергоживленню, але наявність кабелю вносить певні труднощі до керування апаратом, обмежує його робочий простір і збільшує гідродинамічний опір при русі апарата. Ця схема до недавнього часу була найбільш поширена для забезпечення робіт телекерованих і буксированих апаратів.

Для телекерованих ППА останнім часом найбільш характерна схема електропостачання через проміжний підводний бокс-носій апарата, що опускається, зв'язаний з апаратом легким кабелем нейтральної плавучості. У боксі-носії зазвичай встановлюють частину устаткування і перетворювачі електроенергії апарата, що дозволяє створювати телекеровані ППА невеликих розмірів і малою маси.

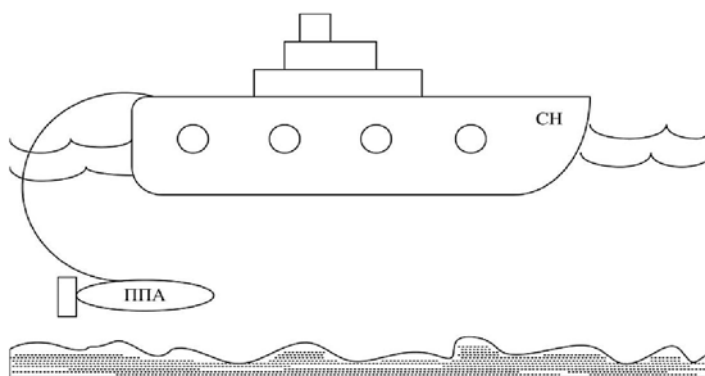


Рисунок 1.1 – Традиційна схема живлення прив'язного підводного апарата

Вживання схеми з проміжним боксом-носієм викликане тим, що при довжині кабелю більше 2 км спостерігається значне падіння напруги (до декількох сотень вольт залежно від навантаження) із-за великого омичного опору кабельної лінії (рис. 1.2). Такі ППС називаються дволанковими.

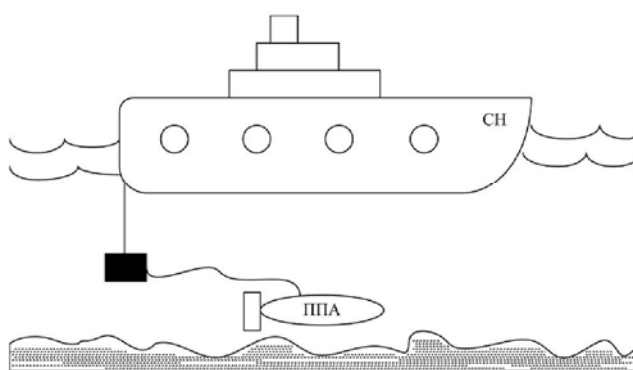


Рисунок 1.2 – Схема живлення прив'язного підводного апарата через проміжний бокс-носій

1.2 Область застосування електроенергетичної системи підводно-технічного засобу

Рациональні області застосування системи електроживлення по кабелю з берега чи СН, у значній мірі залежать від споживаної апаратом потужності P і необхідної тривалості електропостачання t .

Прив'язний підводний апарат, як відомо, входить до складу прив'язної підводної системи та з'єднується з СН вантажонесучим елементом – КТ, який виконує також функцію електроживлення. Основна конструктивна величина, що визначає гідродинамічний опір, який потрібно подолати рушійно-рульовому комплексу (РРК) ППА є діаметр КТ. Діаметр КТ визначається кількістю елементів, що входять до його складу. Доведено, що при довжині КТ більше 50 метрів вся електрична енергія, яку споживає ППА йде на подолання гідродинамічного опору при буксируванні апаратом КТ на течії за рахунок упорів його власних рушіїв [2].

Варіанти енергопостачання ППА доцільно розглядати разом з варіантами передачі інформації до апарату і від нього на поверхню.

Існує два підходи до організації електроживлення ППА:

1. Багатоканальне енергоживлення – кожному споживачеві ППА надається окремий канал живлення з визначеними параметрами

2. Одноканальне енергоживлення – на ППА подається електрична енергія з певними параметрами, на якому перетворюється у потрібні для кожного споживача електричні параметри за допомогою вторинних джерел живлення

Враховуючи те, що для самохідних ППА мінімальне значення діаметру КТ є критерієм мінімізації, то багатоканальне живлення призведе до збільшення цього параметру, тому тільки одноканальне живлення задовольнить цей критерій.

Прив'язні підводні апарати, за звичай, отримуючи електроенергію по КТ, одночасно використовують його і для передачі інформації. Дана схема забезпечує необхідну автономність енергоживлення, але наявність кабелю вносить певні

труднощі в керуванні апаратом, обмежує простір його застосування та збільшує гідродинамічний опір при русі апарата. Таким чином, по КТ передається не тільки електроенергія, але і сигнали керування та контролю, телевізійна та інша інформація.

Також для прив'язних ППА в залежності від типу КТ, що використовується застосовують електроенергетичну установку (ЕЕУ) двох типів:

- з об'єднаними енергетичними та інформаційними каналами, коли КТ має одну коаксіальну пару;
- з роздільними енергетичним та інформаційним каналами у випадку виконання КТ з декількома парами провідників чи вкладення в КТ однієї пари провідників для передачі електроенергії та у вигляді оптоволоконного каналу для передачі інформації.

Комбіноване енергоживлення являє собою таке, під яким розуміється те, що основні споживачі ППА живляться по КТ, а споживачі електронних пристроїв живляться від бортових акумуляторів.

Незалежно від схеми, що використовується, кабельна лебідка, що входить до ВП апарата, включає струмоз'ємний вузол, який складається з декількох пар «кільце – щітка», через які в кабель та в зворотному напрямку при обертанні барабана надходять електричні сигнали.

У загальному випадку системний комплекс ЕЕУ ППА вміщує в себе дві структурні системи: суднову систему забезпечення та бортову ЕЕУ, що складаються з різноманітних підсистем, наявність яких для ЕЕУ конкретного апарата зумовлено його типом, конструкційними та експлуатаційними особливостями. Наприклад, кабельна лінія передачі енергії та інформації, а також суднова система контролю і керування ЕЕУ ППА необхідні для прив'язних апаратів, що розглядаються (рис. 1.3).

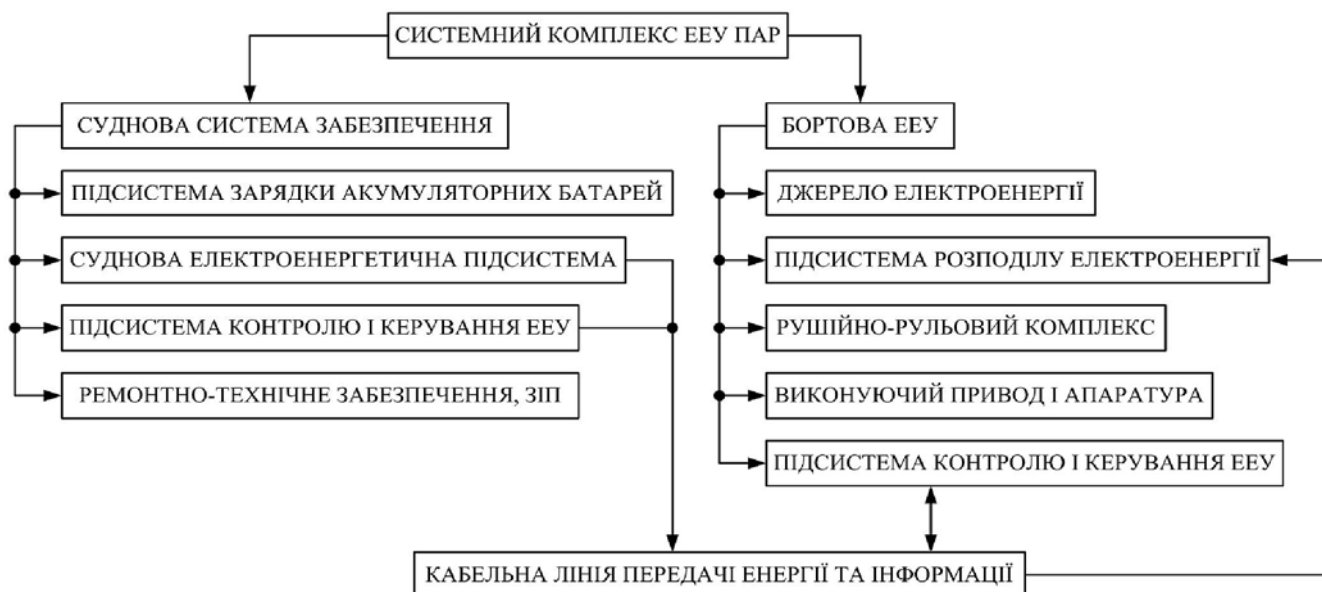


Рисунок 1.3 – Структурна схема системного комплексу електроенергетичної установки прив'язного підводного апарата

Основним призначенням суднової системи забезпечення є здійснення нормального функціонування та підтримання у робочому стані елементів і систем ЕЕУ ППА на протязі всього періоду експлуатації. Суднова система забезпечення має в своєму складі станцію зарядження акумуляторних батарей, прилади контролю та перевірки працездатності бортової ЕЕУ, запасний інструмент та приладдя (ЗІП), ремонтно-технічну базу для виконання оперативного і профілактичного ремонтів [3, 5].

Для ЕЕУ ППА використовуються тільки ізольовані підсистеми розподілу електроенергії, у склад яких входять в основному кабельні лінії та мережі, маса котрих складає приблизно 10-15% маси всієї системи енергопостачання і може бути зменшена шляхом використання в системі передачі енергії високої напруги.

Підсистеми розподілу електроенергії вміщують ще експлуатаційну і захисну апаратуру, що працює в специфічних умовах високого тиску, а також засоби зовнішньої комутації – гермовводи, гермороз'єми, сальникові вводи, забортні коробки і колектори, які є характерними елементами виключно для підводно-технічних засобів. Окрім перелічених елементів підсистеми вміщують динамічні (електромашинні перетворювачі роду струму, електромашинні перетворювачі

частоти) і статичні (трансформатори напруги, тиристорні перетворювачі, інвертори, різноманітна напівпровідникова апаратура) перетворювачі енергії

Підсистема розподілу енергії в структурі системи енергопостачання займає особливе місце, що зумовлена її зв'язком з підсистемою контролю і керування ЕЕУ ППА, основною задачею якої є мінімізація енерговитрат при виконанні задач, що ставляться перед нею. З часом важливість підсистеми розподілу енергії автоматизованих ЕЕУ буде зростати внаслідок удосконалення ППА та підвищення встановленої потужності. Основні вимоги до цієї системи – це компактність, надійність та високий коефіцієнт корисної дії перетворення енергії.

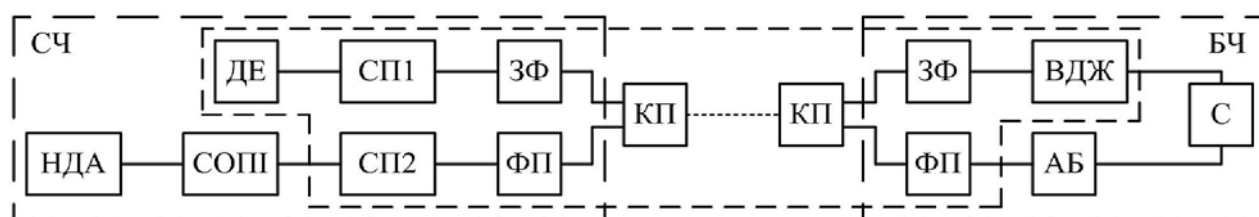
Основне споживання електроенергії стосується РРК ППА, у склад якого, як правило, входять перетворювачі струму чи напруг, що здійснюють заданий закон керування комплексом, гребні електродвигуни постійного чи змінного струму, різного роду редуктори та рушії.

Інша частина електроенергії споживається виконуючими електроприводом та електроапаратурою різних бортових систем ППА, а саме: вирівнювально-диферентуючої системи, маніпуляційного комплексу, навісного обладнання, системи збору наукової інформації, системи зв'язку та навігації.

Представлені структурні схеми ЕЕУ прив'язних ППА без конкретизації типу первинних джерел електроенергії, а також варіанта розділення каналів енергоживлення та інформації. Склад і призначення окремих елементів кожної з схем роздивимося на прикладі ЕЕУ ППА установки з поєднаними енергетичними та інформаційними каналами, так як інші системи відрізняються від неї лише каналами передачі інформації і відсутністю тих чи інших елементів.

Суднова частина схеми вміщує джерело електроживлення (ДЕ), зв'язане через силову пару струмоз'ємного вузла лебідки (СП1) та загороджувальний фільтр (ЗФ) з коаксіальною парою КТ (КП), розташованого на барабані лебідки (з цією парою зв'язана і науково-дослідна апаратура (НДА) СН через систему обробки і передачі інформації (СОП), малопотужну сигнальну пару струмоз'ємного вузла (СП2) та фільтри приєднання (ФП). Загороджувальні

фільтри запобігають шунтуванню інформаційних сигналів джерелом живлення, а через фільтри приєднання поступає і передається інформація в кабель. Частина ЕЕУ, розташована на ППА, також вміщує загороджувальні фільтри, фільтри приєднання та вторинні джерела живлення (ВДЖ), перетворюючи поступаючу в апарату електроенергію у відповідність з характеристиками споживачів ППА. У загальному випадку для телекерованих ППА у склад споживачів можуть входити споживачі РРК (рис. 1.4).

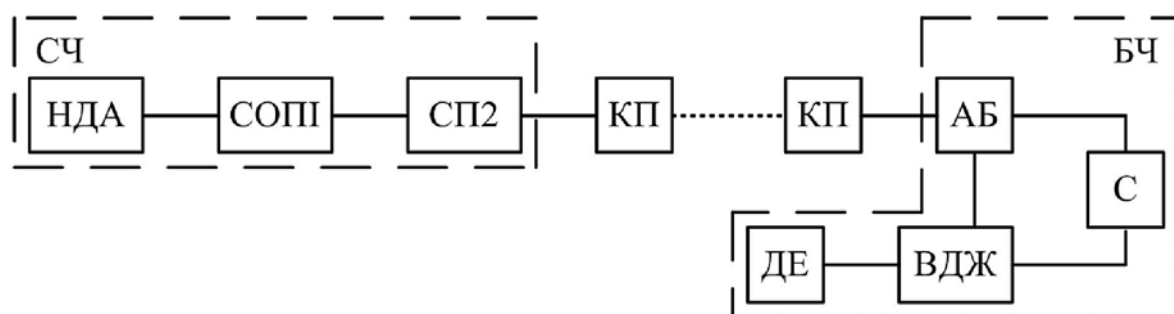


СЧ – суднова частина електроенергетичної установки, БЧ – бортова частина електроенергетичної установки, АБ – акумуляторна батарея, С – споживач
Рисунок 1.4 – Схема електроенергетичної установки прив'язного підводного апарата з поєднаними енергетичним та інформаційним каналами

Схеми ЕЕУ прив'язних апаратів з автономним джерелом електроенергії та з розділеними енергетичним та інформаційним каналами відрізняються від розглянутої відсутністю загороджувальних фільтрів і фільтрів приєднання, а між собою – розташуванням первинного джерела електроенергії.

Найбільш проста, особливо по складу судового електрообладнання, ЕЕУ з автономним джерелом енергії на борту апарата, простіше та дешевше для неї може бути КТ, оскільки ізоляція струмопровідної пари і її переріз можуть бути розраховані на низькі напруги і струм (рис. 1.5). При цьому сигнальну пару КТ можна виконати з меншим затуханням сигналів і забезпечити їх пропускання у великому діапазоні частот, що дозволить передавати на судно значний об'єм інформації. Однак дана схема має суттєві недоліки: малий термін неперервної роботи, необхідність у частих підняттях апарата на поверхню для зарядження чи зміни акумуляторів і, як наслідок, малу продуктивність при вивченні великих

площ дна, обмежений ресурс внаслідок зносу КТ; значні масогабаритні показники частини енергоустановки, що розташовується на ППА, оскільки тут окрім ВДЖ розташовується ще і акумуляторна батарея (також самі ВДЖ мають трохи гірші показники по причині низької вхідної напруги і значних його коливань в залежності від ступеня заряду батареї).



СЧ – суднова частина електроенергетичної установки, БЧ – бортова частина електроенергетичної установки, АБ – акумуляторна батарея, С – споживач

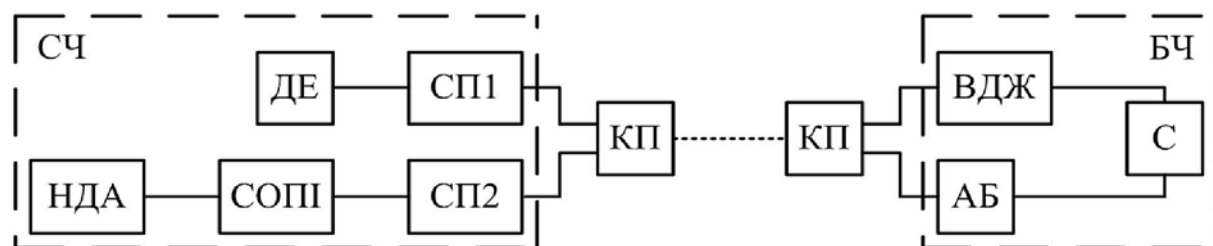
Рисунок 1.5 – Схема електроенергетичної установки прив'язного підводного апарата з автономним джерелом електроенергії

Схема з розділеними каналами електропостачання і зв'язку відрізняється простотою і потенційно більшими можливостями передачі значного об'єму інформації, особливо при наявності в КТ оптичного каналу. Основні складності у застосуванні даних схем пояснюються високою вартістю КТ і малою технологічністю його виготовлення.

У теперішній час переліченим вимогам найбільш повно задовольняють ЕЕУ ППА з об'єднаними енергетичними та інформаційними каналами (рис. 1.6). Основні труднощі при її реалізації пов'язані з захистом інформаційного каналу від завад зі сторони енергетичного каналу і, крім цього, силова коаксіальна пара КТ об'єднаного каналу відрізняється значним затуханням, що обмежує верхню межу частот передачі та об'єм інформації, що передається.

Для телекерованих апаратів характерна напруга 380-440 В при передачі по кабелю енергії малої чи середньої потужності. Для більш потужних прив'язних

телекерованих, за звичай, використовують високу напругу (1-6 кВ) змінного струму для передачі електроенергії по кабелю, яка потім понижується на борту апарата, в енергобуї чи боксі носії до напруги 380-1000 В. На борту ППА виконується ще одне пониження і перетворення напруги в розподільних трансформаторах і випрямлячах ДВЖ. Треба відмітити, що для телекерованих ППА характерна різноманітність номінальних напруг бортових споживачів.



СЧ – суднова частина електроенергетичної установки, БЧ – бортова частина електроенергетичної установки, АД – акумуляторна батарея, С – споживач

Рисунок 1.6 – Схема електроенергетичної установки прив'язного підводного апарата з автономним джерелом електроенергії з розділеними енергетичним та інформаційним каналами

При живленні прив'язних ППА змінним струмом, за звичай, використовується частота 50-60 Гц чи 400 Гц. Підвищення частоти приводить до збільшення втрат в кабелі. Вибір того чи іншого типу ЕЕУ ППА і принципи її побудови в значній мірі залежать від призначення і особливостей експлуатації апарата.

Головна характеристика системи енергоживлення, яка визначає основні масогабаритні параметри елементів прив'язного ППА і безпосередньо КТ є вид електричної енергії – змінний чи постійний струм. Змінна та постійна напруга мають свої переваги та недоліки, які потрібно враховувати при проектуванні ППС в окремо обраному випадку [4, 5].

Живлення на трифазному змінному струмі передбачає закладання в КТ трьох силових жил для можливості використання трифазних асинхронних

двигунів для РРК маршового, вертикального та лагового руху, а також передавати електричну енергію на значно більшу відстань ніж при використанні постійного струму (рис. 1.7).



ЕМ – електрична мережа, Т – трансформатор,

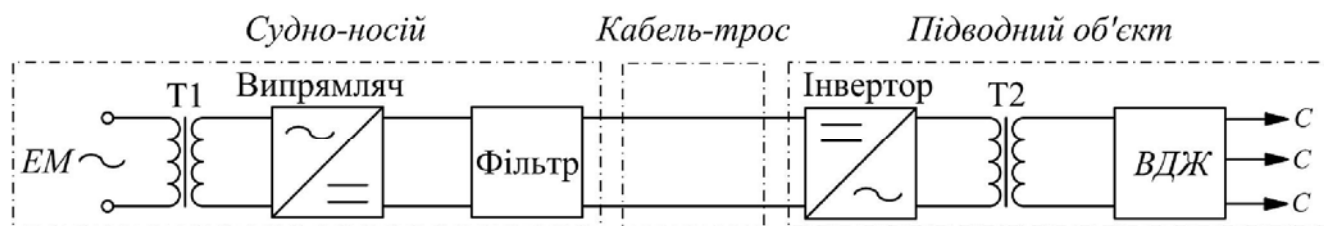
ВДЖ – вторинне джерело живлення, С – споживач

Рисунок 1.7 – Функціональна схема живлення на змінному струмі

Енергоживлення на постійному струмі дозволяє передавати більшу потужність на ППА при однаковій площі перерізу провідника, що пояснюється відсутністю поверхневого ефекту, який має місце при живленні змінною напругою (рис. 1.8). Також при використанні постійного струму використовують лише дві силові жили, що дозволяє зменшити діаметр КТ.

Таким чином, проектування систем енергоживлення ППС зводиться до пошуку оптимального рішення між системами змінного та постійного струму, обґрунтованого вибору однієї з них чи їх комбінації, що забезпечить задовільні характеристики маси та габаритів обладнання і параметри електричної мережі при проведенні підводно-технічних робіт (ПТР).

Пошук оптимального рішення, що задовольнить критерію мінімізації діаметру КТ та задовільних характеристик маси та габаритів ППА і його елементів вимагає у сучасних проєктантів та конструкторів використання новітніх досягнень у сфері напівпровідникової техніки. Це передбачає залучення до мережі живлення ППА випрямлячів, інверторів, різноманітних фільтрів для забезпечення потрібних параметрів електричної енергії.



ЕМ – електрична мережа, Т – трансформатор,

ВДЖ – вторинне джерело живлення, С – споживач

Рисунок 1.8 – Функціональна схема живлення на постійному струмі

Такий підхід дозволяє досягти певної оптимізації діаметру КТ та характеристик маси і габаритів ППА, але виникає необхідність у підвищенні напруги та використанні трансформаторів, що разом з експлуатацією напівпровідникової техніки призводить до багаторазового перетворення електричної енергії і як наслідок зменшення коефіцієнта корисної дії (ККД) ППС в цілому.

Наведено загальні відомості про прив'язні підводні системи, зроблено огляд принципів і схем електропостачання прив'язних підводних апаратів у складі таких систем, враховуючи специфіку впливу кабель-троса, який поєднує судно-носій і апарат.

Помітно, що у системах електроживлення прив'язних підводних апаратів на даний час розвиток спрямовується на підвищення напруги живлення і використання новітніх досягнень напівпровідникової техніки при перетворенні електричної енергії.

2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИВ'ЯЗНОГО ПІДВОДНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

2.1 Електротехнічні характеристики прив'язного підводно-технічного засобу

Загальні технічні характеристики електричної та інформаційної частини ППА наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики електричної та інформаційної частини прив'язного підводного апарата

№ з/п	Характеристика	Значення
1	Рід струму	Змінний
2	Кількість фаз, од.	1
3	Величина напруги, В	220
4	Частота електричної мережі, Гц	50
5	Загальна потужність електричного обладнання прив'язної підводної системи, кВт	5
6	Максимальна потужність електричного обладнання прив'язного підводного апарата, кВт	3
7	Спосіб телеметричного обміну	Ethernet
8	Пропускна здатність інформаційного обміну системи «ПЕК-ППА», Мбіт/с	500

2.2 Загальні технічні характеристики прив'язного підводно-технічного засобу

Загальні технічні характеристики ППА зведені до табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики прив'язного підводного апарата

№ з/п	Найменування	Одиниця виміру	Показник
1	Робоча глибина занурення	м	150
2	Швидкість маршова	м/с	2
3	Довжина кабель-троса	м	250
4	Маса у спорядженому стані	кг	110
5	Маніпулятор	ступені рухливості	2
6	Світильники на базі світлодіодної матриці	од.	8

Основні параметри, що отримані в результаті розрахунку кабель-троса зведені до табл.2.3.

Таблиця 2.3 – Основні параметри розрахунку діаметра кабель-троса

Назва	Позначення	Одиниця вимірювання	Значення
Маса кабель-троса	$M_{\text{КТ}}$	кг	47,4
Діаметр кабель-троса	$d_{\text{КТ}}$	мм	17,2
Діаметр струмоведучої жили	$d_{\text{Ж_ІЗОЛ}}$	мм	3,13
Переріз струмоведучої жили	$S_{\text{Ж_ІЗОЛ}}$	мм ²	7,7
Переріз кабель-троса	$S_{\text{КТ}}$	мм ²	231,3
Переріз плавучої оболонки	$S_{\text{ПЕ}}$	мм ²	192,77
Переріз вантажонесучого елемента	$S_{\text{ВЖ}}$	мм ²	2,86

Загальна характеристика споживачів електрорушійного комплексу прив'язного підводного апарата зведена до табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики споживачів електрорушійного комплексу прив'язного підводного апарата

№ з/п	Споживач	$U_{\text{ЕД}}$, В	$I_{\text{ЕД}}$, А	$P_{\text{ЕД}}$, Вт	$P_{\text{ПЧ}}$, Вт	P_{Σ} , Вт
1	Правий маршовий рушій	220	1,1	265	30	1180
2	Лівий маршовий рушій	220	1,1	265	30	
3	Вертикальний рушій	220	1,1	265	30	
4	Лаговий рушій	220	1,1	265	30	

Технічні характеристики електричних споживачів відеокomплексу зведені до табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Характеристика електричних споживачів відеокomплексу

№ з/п	Споживач	Кількість, од.	U , В	I , А	$P_{\text{од}}$, Вт	P_{Σ} , Вт	$P_{\text{ВКС}}$, Вт
1	Драйвер світлодіода	8	230	0,3	45	360	420
2	Комутатор	1	48	1,25	60	60	

Технічні характеристики споживачів слабострумної електроніки зведені до табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Споживачі слабострумної електроніки

№ з/п	Споживач	Кількість, од.	$P_{\text{С}}$, Вт	$P_{\text{ССЕ}}$, Вт
1	Плата керування яскравістю світлодіодів	1	10	25
2	Навігаційна плата	1	5	
3	Керуюча плата Cerebot	1	5	
4	Powerline адаптер TP-Link	1	5	

Надано відомості про технічні характеристики прив'язної підводної системи.

3 ОПИС ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ ПРИ УДОСКОНАЛЕННІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИВ'ЯЗНОГО ПІДВОДНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

3.1 Опис прив'язного підводно-технічного засобу

В якості інструменту для проведення ПТР пропонується використання ППА.

Застосування ППА значно зменшує час проведення підводних робіт, для яких він створювався і останні роки показують, що залучення такої техніки у складі ППС виправдовує витрати на їх проектування і виготовлення.

Невід'ємною частиною при роботі з прив'язною підводною технікою є врахування сполучення судна-носія та підводного апарата за допомогою кабель-троса. Для ППС кабель-трос є невід'ємною складовою через необхідність живлення електричною енергією всього електрорушійного комплексу підводного апарата та менш потужних споживачів (відеокамери, приводи відеокамер, освітлення кута огляду відеокамери та ін.).

Проведення ПТР є дуже тривалою справою та на відміну від техніки може бути занадто виснажливим для фізичних можливостей людини, насамперед для палубної команди, що виконує видачу КТ та регулювання довжини його випущеної частини у разі відсутності лебідки кабель-троса (ЛКТ). Для автоматизації процесу регулювання та зменшення навантаження на палубну команду необхідне проектування і створення відповідних ЛКТ.

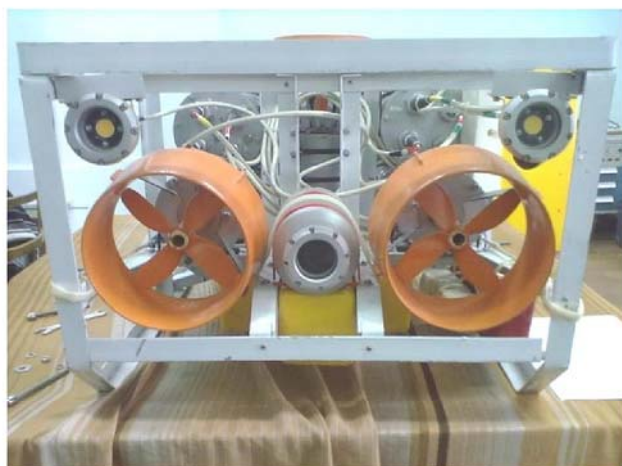
Для поліпшення експлуатації такого роду підводної техніки було застосовано підхід в системі електроживлення, при якому по силовим жилам передається телеметрична інформація.

Рамна конструкція макету ППА виконана з алюмінієвого сплаву для зменшення загальної маси виробу. Всі міцні корпуси, двигуни та ліхтарі закріплені на рамі за допомогою алюмінієвих хомутів.

Вигляд макету зі знятим блоком плавучості представлено нижче (рис. 3.1).



а)



б)



в)



г)

а) – ніс; б) – корма; в) – лівий борт; г) – правий борт

Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд рамної конструкції макету прив'язного підводного апарата зі знятим блоком плавучості

При виконанні ПТР, необхідність регулярної перевірки складових, розташованих на макеті ППА входить в перелік робіт з підтримання підводної техніки в безпечному та придатному до експлуатації стані.

Всього на макеті ППА знаходиться вісім світильників та дві відеокамери, що розташовані в наступних місцях:

- носова камера відеоспостереження 1 (рис. 3.2, а);

- носові нижні світильники 2 та 3 (рис. 3.2, а);
- носові верхні світильники 4 та 5 (рис. 3.2, а);
- з правого борту світильник 6 (рис. 3.2, б).
- з лівого борту світильник 7 (рис. 3.2, в);
- кормова камера відеоспостереження 8 (рис. 3.2, г);
- кормові ліхтарі 9 та 10 (рис. 3.2, г).



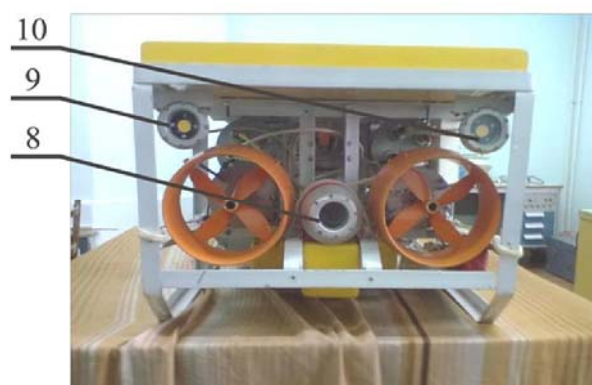
а)



б)



в)



г)

а) – ніс; б) – правий борт; в) – лівий борт; г) – корма

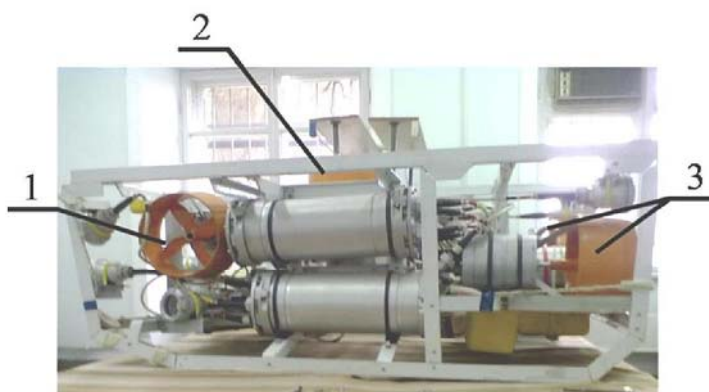
Рисунок 3.2 – Розташування освітлювального обладнання і відеокамер на прив'язному підводному апараті

В процесі огляду скляні ілюмінатори у складі світильників і відеокамер необхідно перевірити на відсутність різноманітного виду сколів, тріщин, подряпин (особлива важливість для міцних корпусів з камерами відео

спостереження). Також необхідно впевнитися про відсутність потрапляння води до міцних корпусів, де встановленні скляні ілюмінатори. Для цього треба ретельно оглянути місця вижимання гумового кільця під скляним ілюмінатором.

Такого роду операції слід виконувати після кожного підняття ППА на борт СН в процесі виконання підводно-технічних робіт для його подальшої безпечної експлуатації.

Розташування елементів рушійно-рульового комплексу на робочому макеті прив'язного підводного апарата представлено на рис. 3.3.



1 – лаговий рушій; 2 – вертикальний рушій; 3 – правий та лівий маршові рушії

Рисунок 3.3 – Рушійно-рульовий комплекс на прив'язному підводному апараті

На рис. 3.4 зображено: 1 – робочий орган (механічний схват з обмеженою силою затискання); 2 – вісь обертання робочого органа на 360 градусів; 3 – компенсатор разом з захисним елементом; 4 – місця установки електродвигунів; 5 – робоча зона носової камери відеоспостереження; 6 – робоча зона маніпулятора.

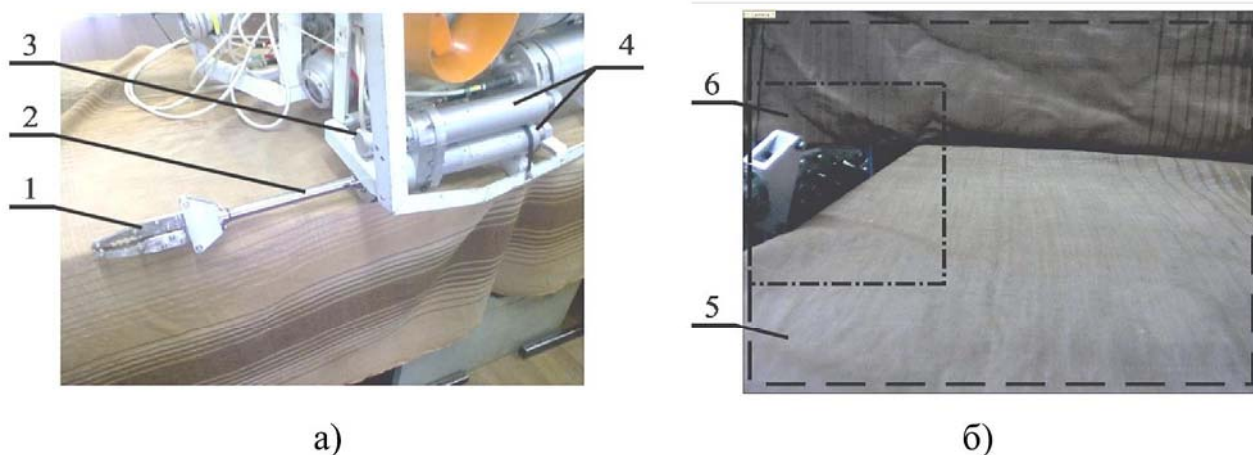
Для оцінки використання того чи іншого виду технічного обладнання виникає необхідність надання його певних характеристик, які дають уявлення про об'єкт в цілому. Стосовно ППС і ППА, що входить до її складу зазвичай вирізняють наступні технічні характеристики:

а) потужність, яку необхідно надати всьому електричному обладнанню ППС на СН;

б) величина напруги живлення та рід струму ППА;

- в) довжина кабельної лінії;
- г) спосіб і швидкість телеметричного обміну між ПЕК та ППА;
- д) рід напруги і струму живлення основних споживачів;
- є) маса ППА.

При необхідності перелік технічних характеристик ППС може бути збільшено в мірі, яка необхідна для надання вичерпної інформації з метою проведення того чи іншого виду ПТР.



а) зовнішній вигляд маніпулятора на макеті; б) робоча зона маніпулятора

Рисунок 3.4 – Маніпулятор на прив'язному підводному апараті

Технічні характеристики ППА представлені у попередньому розділі.

Підводний апарат, який розроблено та виготовлено в лабораторних умовах пропонується в базовій комплектації для проведення оглядових, пошукових та інспекційних робіт з СН, оснащеного відповідним устаткуванням.

3.2 Розробка структури прив'язного підводно-технічного засобу

Прив'язний підводний апарат «Гідрограф» являє собою з точки зору системи електроживлення доволі стандартний набір споживачів, деякі з яких живляться від власних джерел живлення, що по суті є ВДЖ (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Загальна структура електричних споживачів прив'язного підводного апарата

Виходячи з наведеної вище загальної структури електричних споживачів ППА визначаємо наступні його складові.

По-перше, це п'ять міцних корпусів, один з яких додається опціонально:

а) корпус керування, що є керуючим центром апарата, так як в ньому розташовано бортовий комп'ютер, що керує всіма споживачами апарата. До корпусу керування під'єднується ходовий кінець кабель-троса і відходять провідники живлення та керування до інших корпусів. Споживана потужність цього корпусу в цілому складає не більше 100 Вт. Найбільшу потужність споживає комутатор – не більше 65 Вт. Завдяки комутатору можливий зв'язок і передача інформації між ПЕК та ППА і навпаки;

б) силовий корпус № 1, в якому розташовуються перетворювачі частоти для лівого та маршового рушійних пристроїв;

в) силовий корпус № 2, в якому розташовуються перетворювачі частоти для вертикального та лагового рушійних пристроїв;

Кожен перетворювач частоти для живлення рушійного пристрою споживає не більше 300 Вт активної потужності, тому разом силові корпуси № 1 та № 2 споживають активну потужність не більшу ніж 1,2 кВт.

г) корпус керування і живлення світильників, що містить в собі вісім драйверів світлодіодних матриць. Кожен драйвер споживає активну потужність не більше 80 Вт. Таким чином, загальна споживана потужність корпусу керування і живлення світильників складає не більше 650 Вт;

д) корпус керування і живлення маніпулятора, який містить плату керування і драйвери електроприводів маніпулятора. Даний корпус додається при необхідності і його споживана потужність разом зі споживачами у вигляді електродвигунів самого маніпулятора складає не більше 150 Вт.

По-друге, це чотири рушія, що являють собою трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором зі споживаною потужністю не більше 200 Вт кожен. Напруга живлення для них складає 220 В з частотою електричної мережі 50 Гц. Загальна споживана потужність чотирьох двигунів становить не більше 800 Вт.

По-третє, до електричних споживачів відносять світлодіодні матриці світильників у кількості восьми одиниць. Кожна світлодіодна матриця споживає активну потужність не більшу 40 Вт. Роблячи операцію помноження і додаючи деякий запас потужності, отримуємо що всі світлодіодні матриці разом споживають потужність не більшу 350 Вт.

Четверте, електричними споживачами виступають носова та кормова цифрові відеокамери. Завдяки технології Power Of Ethernet (POE), що дозволяє жити споживачів постійною напругою по кабелю Ethernet, використання цифрових камер, підтримуючих цю технологію, стає дуже зручним. Наявність комутатора, який має порти POE (максимальна потужність одного порту 15 Вт, а

загальна потужність при використанні всіх чотирьох портів складає 50 Вт), надає можливість жити цифрові відеокамери, що розташовані на ППА. Повна споживана потужність обох цифрових відеокамер становить не більше 20 Вт.

Спираючись на загальну структуру електричних споживачів наведемо схему з'єднань цих елементів (рис. 3.6).

На виході ходового кінця КТ отримуються параметри електроживлення змінного струму напругою 220 В загальною промисловою частотою 50 Гц. Це живлення надходить на вхід пристрою, так званого PowerLine адаптера TP_Link, завдяки якому власно і можлива передача телеметричної інформації від ПЕК до ППА і навпаки.

Таким чином, завдяки цим двом пристроям, ще один з яких знаходиться у складі ПЕК на СН, реалізується технологія PLC (Power Line Communication), що є відносно новою телекомунікаційною технологією на базі використання силових електромереж для високошвидкісного інформаційного обміну. Основою технології PowerLine є використання частотного поділу сигналу, при якому потік даних на високій швидкості поділяється на декілька відносно низьких за швидкістю потоків, кожний з яких передається по окремій піднесучій частоті з послідовним їх об'єднанням в один сигнал.

Також дана напруга надходить на два ВДЖ, які на виході дають напругу 5В та 48 В постійного струму відповідно. Ця постійна напруга живить навігаційну плату (5 В), бортовий комп'ютер Cerebot (5 В) та комутатор NETGEAR (48 В).

Далі напруга з ходового кінця КТ надається силовим корпусам, в яких у якості споживачів виступають перетворювачі частоти для керування приводами рушіїв.

Наступними базову напругу отримують споживачі корпусу керування і живлення світильників. У ролі цих споживачів виступає ВДЖ з вихідними напругами 5 та 12 В постійного струму для живлення плати керування яскравістю світлодіодних матриць, пристрій керування живленням драйверів світильників, безпосередньо самі драйвери світильників.

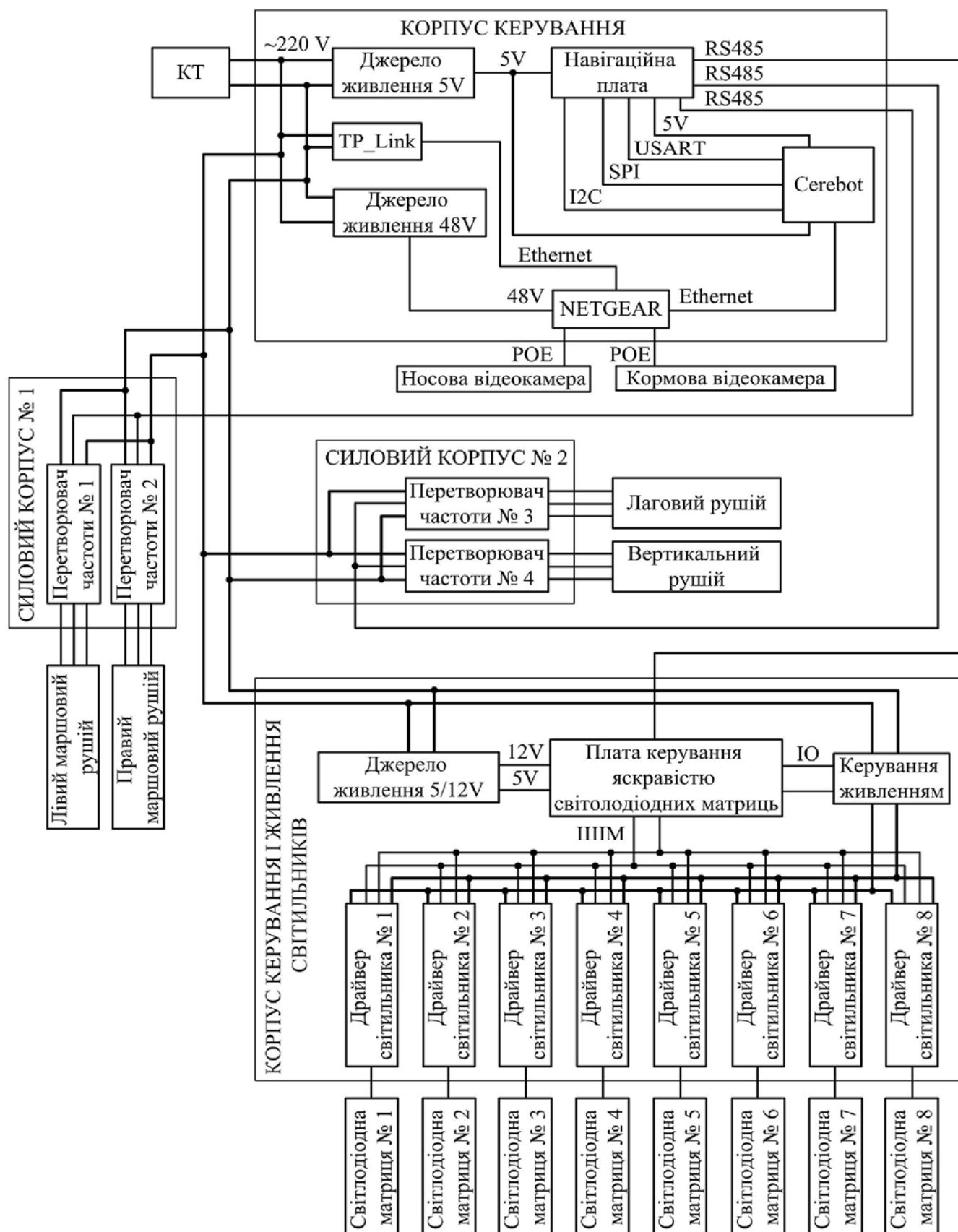


Рисунок 3.6 – Схема з'єднань прив'язного підводного апарата

3.3 Опис електричних споживачів прив'язного підводно-технічного засобу

Найбільш енергоємним об'єктом є РРК ППА. Він складається з 4-х рушійних механізмів, а саме:

- вертикальний рушійний механізм;
- правий маршовий рушійний механізм;
- лівий маршовий рушійний механізм;
- лаговий рушійний механізм для руху апарата правим чи лівим бортом.

Вертикальний рушійний механізм виконує процес занурення та підйому апарата на поверхню, а завдяки роботі правого та лівого маршових рушійних механізмів апаратом здійснюється переміщення вперед чи назад паралельно площі ґрунту і поворот навколо вертикальної вісі.

Загальний вид рушійного механізму без гребного гвинта наведено на рис. 3.7.



Рисунок 3.7 – Загальний вид рушійного механізму без гребного гвинта

Кожний рушійний механізм представляє собою асинхронний двигун з короткозамкненим ротором, що знаходиться у герметичному корпусі, який в свою чергу заповнено рідким діелектриком. Навантаженням на валу двигуна виступає

гребний гвинт при роботі рушійного механізму в воді.

Перетворювачі частоти рушійних механізмів для їх живлення та керування частотою обертання розташовані у двох герметичних міцних корпусах, де працюють при атмосферному тиску. Один міцний корпус містить перетворювачі частоти для маршових рушійних механізмів, а інший – відповідно для вертикального та лагового рушійних механізмів. Ці міцні корпуси називають силовими. Потужністю, що споживається перетворювачами частоти, вважаються втрати в них при перетворенні енергії в процесі керування рушійними механізмами. З'єднання рушійних механізмів і перетворювачів частоти наведено на рис. 3.8. Дані щодо споживаної потужності перетворювачів частоти при їх індивідуальному виготовленні можливо отримати експериментальним шляхом.

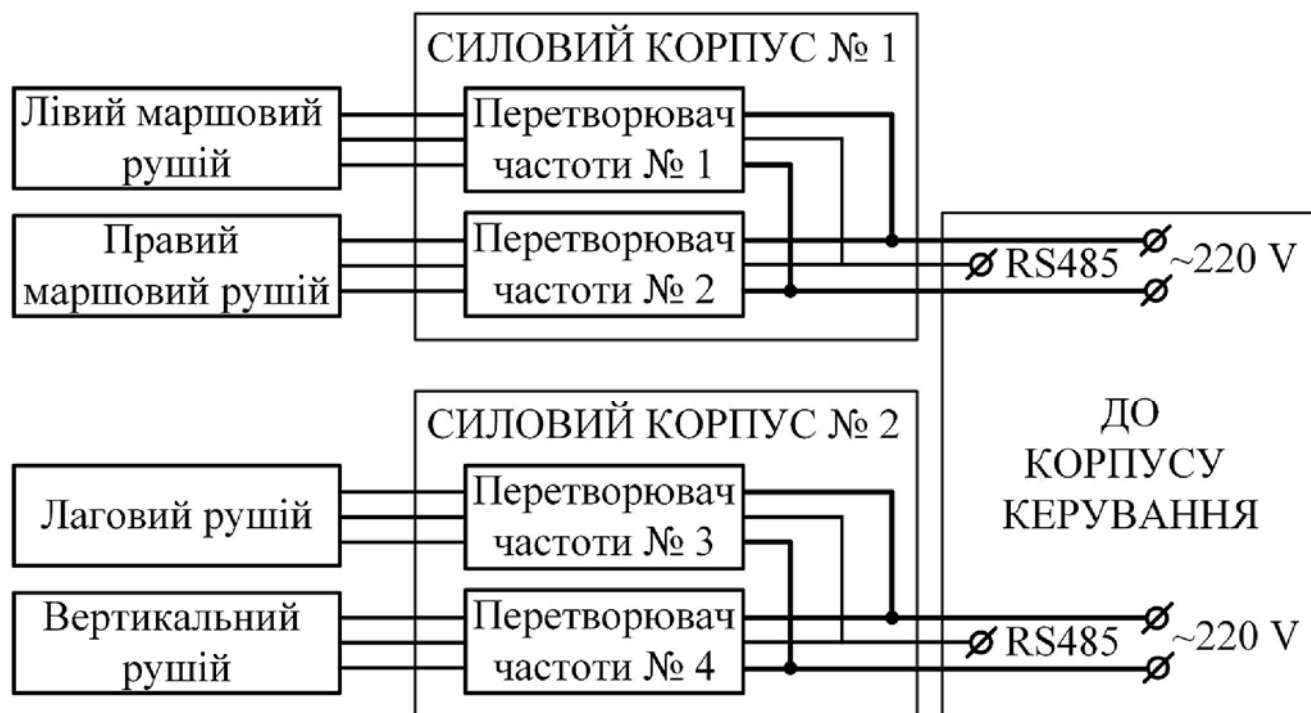


Рисунок 3.8 – Електрорушійний комплекс прив'язного підводного апарата

Споживана потужність кожним перетворювачем частоти складає 30 Вт при максимальному навантаженні рушійного механізму, тому сумарна їх потужність споживання у найгіршому випадку складатиме 120 Вт, хоча такий режим роботи малоімовірний.

Загальна характеристика рушійних механізмів і перетворювачів частоти як споживачів електроенергії з наведенням параметрів живлення і повної споживаної потужності надається в таблиці (розд. 2, табл. 2.4).

Будь-який ППА не буде у повній мірі ефективним, якщо до його складу не буде входити відеокomплекс (ВК). Завдяки складовим ВК відбувається візуальний контакт з об'єктом пошуку та безпосередня інспекція підводного об'єкта.

У складі ВК є дві ключові частини – відеокамера чи група відеокамер з джерелом електроживлення та освітлювальне обладнання також з відповідними джерелами живлення електричною енергією. З точки зору електричних споживачів потужність споживання освітлення набагато перевищує потужність, яку споживають відеокамери.

Дві цифрові IP (Internet Protocol) відеокамери фірми GeoVision, що встановлено на ППА, живляться через канал POE (Power Of Ethernet) від комутатора виробництва фірми NETGEAR.

Кожна відеокамера розташована в окремому міцному корпусі, а комутатор знаходиться в корпусі керування апарата разом зі своїм джерелом живлення та іншими споживачами слабострумної електроніки (див. рис. 3.8). Напруга живлення відеокамери складає 12 В постійного струму величиною 0,8 А, а максимальна споживана потужність становить 9,6 Вт.

Зовнішній вигляд цифрової IP-відеокамери наведено на рис. 3.9.

Максимальна споживана потужність комутатора складає 60 Вт, а чотирьох виходів POE – 50 Вт. Враховуючи, що на апараті є можливість встановити додатково ще дві відеокамери, то будемо задаватися максимальною потужністю споживання пари «джерело живлення – комутатор» 75 Вт.



Рисунок 3.9 – IP-відеокамера фірми GeoVision

Зображення комутатора, що виступає джерелом живлення цифрових відеокамер представлено на рис. 3.10.



Рисунок 3.10 – Комутатор з портами POE фірми «NETGEAR»

Освітлювальне обладнання ППА представляє собою комплекс світлодіодних світильників у кількості 8 одиниць. Кожний світлодіодний світильник базується на світлодіодній матриці фірми «CREE», що розміщена у герметичному корпусі та отримує живлення від драйвера світлодіода компанії «MEAN WELL».

Схема живлення освітлювального обладнання представлена на рис. 3.11.

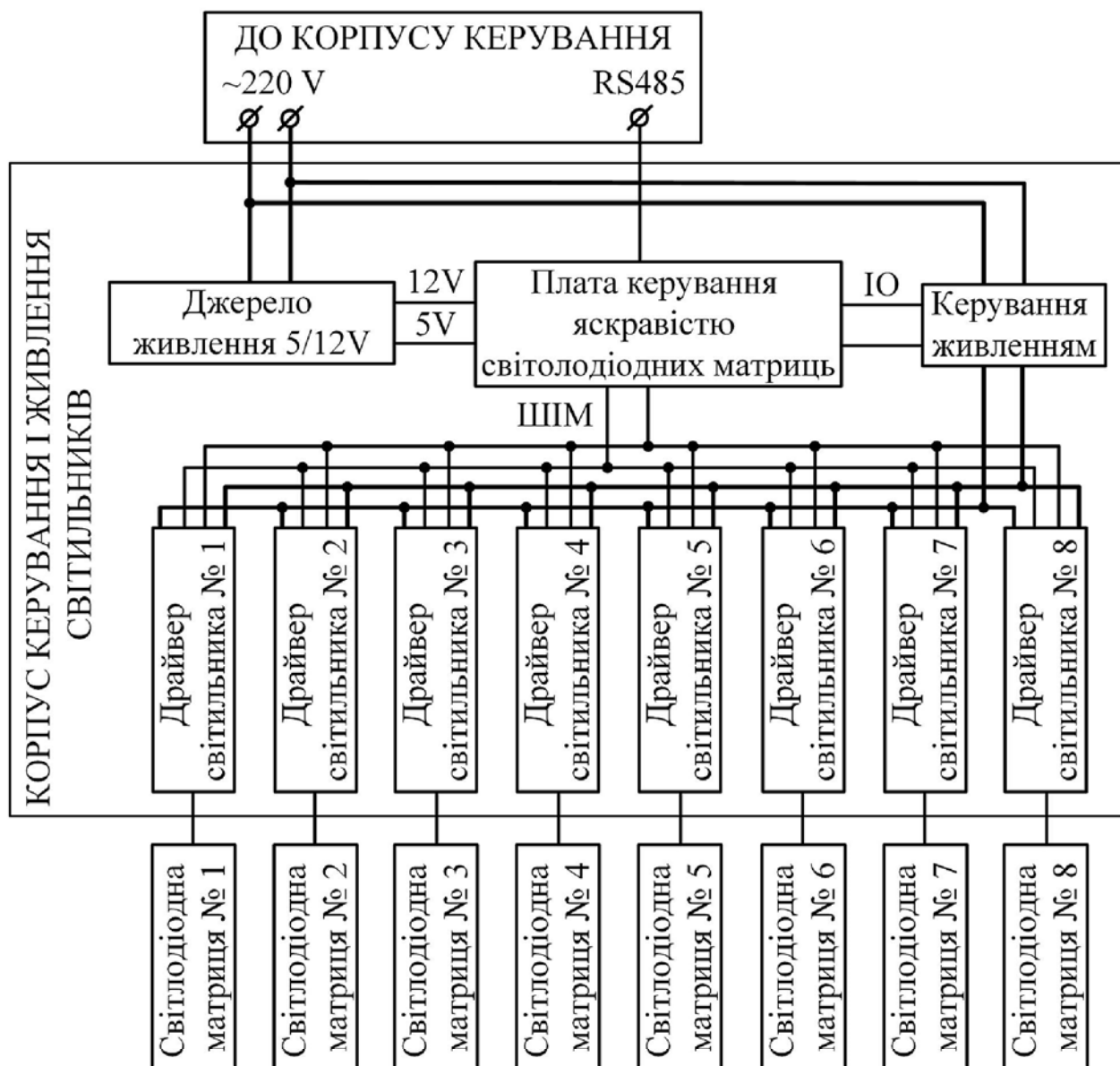


Рисунок 3.11 – Схема живлення світлодіодного обладнання прив'язного підводного апарата

Всі драйвери світлодіодів знаходяться у міцному корпусі та працюють при атмосферному тиску. Максимальна потужність споживання одного драйвера світлодіода складає 70 Вт при вихідній потужності живлення світлодіодної матриці 40 Вт. Від драйвера світлодіода живлення надходить до світильника.

Світлодіодна матриця фірми «CREE» у світильнику як кінцевому виробі споживає потужність 30 Вт в найбільш яскравому режимі, живлячись напругою 37 В і споживаючи струм 0,8 А. Враховуючи, що це є вихідна потужність

драйвера, при розрахунку сумарної потужності апарата розглядаємо пару споживачів «драйвер світлодіодної матриці – світлодіодна матриця», що споживає 45 Вт.

Світлодіодна матриця монтується для охолодження на алюмінієвому радіаторі, який через термопасту виконує теплопередачу на основний корпус світильника, що виконано також з алюмінієвого сплаву. Корпус світильника при підключенні гермороз'єма є герметичним.

Зовнішній вигляд драйвера світлодіода, світлодіодної матриці та світильника у кінцевому компонуванні приведено на рис. 3.12. Характеристика елементів ВК як споживачів електроенергії зведена у таблиці (розд. 2, табл. 2.5).



а)



б)



в)

а) – світлодіодна матриці фірми CREE; б) – драйвер світлодіода компанії MEAN WELL; в) – підводний світильник у кінцевому компонуванні

Рисунок 3.12 – Зовнішній вигляд елементів системи освітлення

Враховуючи потужність споживання конкретного елемента обладнання, що має джерело живлення, сумарна потужність пари «джерело живлення –

споживач» визначатиметься часткою поділу потужності споживача на коефіцієнт корисної дії його джерела живлення.

З огляду на це приймаємо, що пара «джерело живлення 5/12V – плата керування яскравістю світлодіодних матриць» і група «джерело живлення 5V – навігаційна плата – Cerebot» споживають потужність по 10 Вт кожна.

Склад споживачів корпусу керування надано на рис. 3.13.

Окрім описаних елементів слабострумної електроніки у корпусі керування містяться елементи ВК, про що згадувалося вище. Від наведеного корпусу надходить електричне живлення та інформаційні канали до інших трьох міцних корпусів.

Зведення споживачів слабострумної електроніки з врахуванням потужності споживання джерела енергії представлено у таблиці (розд. 2, табл. 2.6).

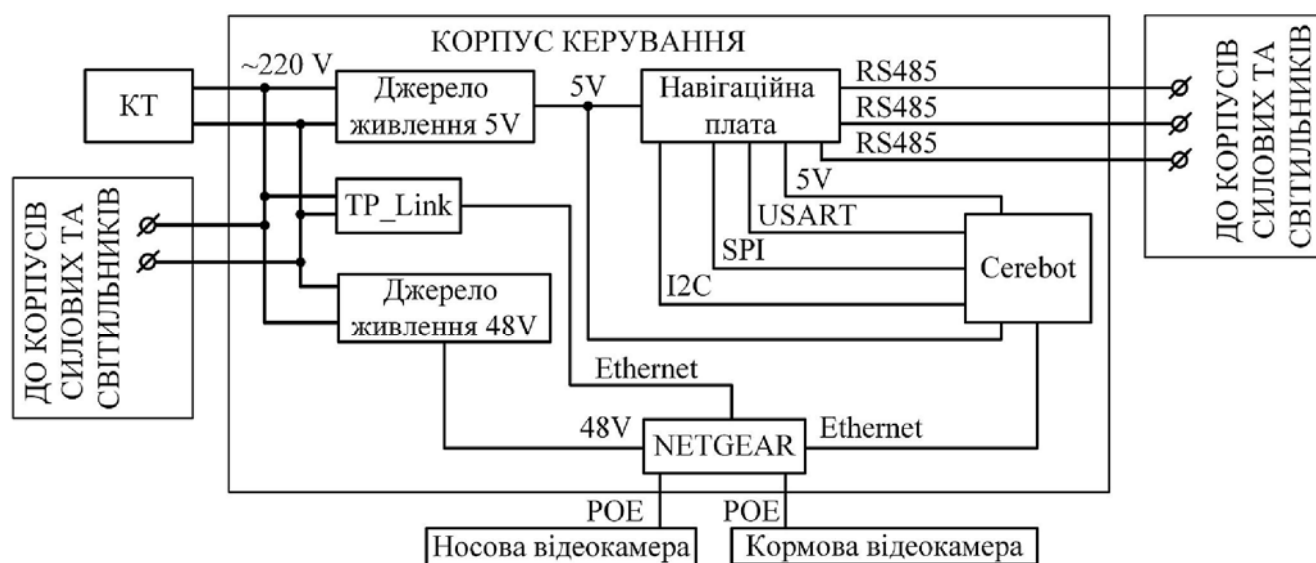


Рисунок 3.13 – Склад споживачів корпусу керування прив'язного підводного апарата

Зроблено опис складових елементів прив'язного підводного апарата як складових електроенергетичної системи. Наведено схеми організації електричного та інформаційного зв'язку між ними у загальному випадку та на прикладі реальних пристроїв.

4 РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИВ'ЯЗНОГО ПІДВОДНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

4.1 Розрахунок електричних параметрів кабель-троса

Прив'язний підводний апарат отримує електроживлення від ПЕК за допомогою КТ. Від вибору конфігурації кабелю залежать експлуатаційні параметри ППА [1,2] – чим більша потужність передається до ППА, тим більші упори може розвивати його РРК і робоча зона ППА стає більшою, але тим більшим стає діаметр КТ і робоча зона ППА зменшується.

Діаметр КТ визначається кількістю та діаметром силових та інформаційних жил в ньому, а також їх компоновкою. Прив'язний підводний апарат побудовано таким чином, що в ролі інформаційного каналу в КТ можна застосовувати оптичне волокно, а в ролі силових жил – два мідних провідника в ізоляції для забезпечення живлення змінним струмом (220 В) або постійним струмом (310 В).

Розглядається робота споживачів у найбільш важкому випадку, коли споживана потужність є найбільшою.

Таким випадком будемо вважати режим роботи ППА, коли відбувається маневрування на течії, тобто рух вперед з одночасним зануренням, який відбувається проти течії та при цьому ввімкнено всі елементи ВК.

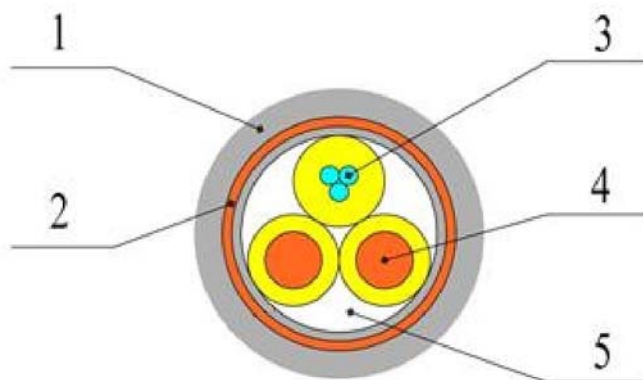
Також необхідно враховувати падіння напруги в КТ.

Для розрахунку діаметру КТ задаємося наступними параметрами:

1. $L_{\text{КТ}} = 200$ м – довжина КТ
2. $U_{\text{П}} = 290$ В – постійна напруга електроживлення ППА (на ходовому кінці КТ з врахуванням падіння напруги в силових жилах)
3. $P = 1200$ Вт – споживана потужність при найбільш важкому режимі роботи (на течії з повним освітленням)
4. $K_{\text{РОЗ}} = 0,1$ – відносне значення потужності, яке розсіюється в КТ

5. $R_0 = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ – питомий опір мідного провідника

При живленні ППА з суднового джерела енергії КТ має містити силові жили, а також оптоволоконний елемент для забезпечення інформаційного обміну, вантажонесучий елемент для забезпечення роботи ППА в умовах течії та захисну оболонку, яка в тому числі забезпечує його необхідну плавучість. Конструкція такого кабелю представлена на рис. 4.1.



- 1 – зовнішня плавуча оболонка кабель-троса, 2 – вантажонесучий елемент,
 3 – оптоволоконна компонента, 4 – силові жили,
 5 – гідрофобний наповнювач

Рисунок 4.1 – Конструкція кабель-троса

Розраховуємо допустимі втрати потужності в кабелі:

$$P_{\text{КТ}_\text{РОЗ}} = P \cdot K_{\text{РОЗ}} = 1200 \cdot 0,1 = 120 \text{ Вт}$$

Вважаємо, що апарат живиться по двом силовим мідним жилам – загальна довжина мідного провідника складатиме подвійну довжину КТ $L = 400 \text{ м}$.

Струм, що проходить через КТ визначається формулою:

$$I = P / U_{\Pi} = 1200 / 290 = 4,14 \text{ А}$$

Для розрахунку перерізу мідної жили визначимо спочатку падіння напруги у кабелі:

$$U_{\text{КТ}} = P_{\text{КТ_РОЗ}} / I = 120 / 4,14 = 29 \text{ В}$$

Виходячи з даних попередньої формули, опір КТ складатиме:

$$R_{\text{КТ}} = U_{\text{КТ}} / I = 29 / 4,14 = 7 \text{ Ом}$$

Використовуючи питомий опір міді визначаємося з перерізом силової жили:

$$s = R_0 \cdot L / R_{\text{КТ}} = 0,0175 \cdot 400 / 7 = 1 \text{ мм}^2$$

4.2 Розрахунок фізичних параметрів кабель-троса

У подальших розрахунках з метою визначення діаметру КТ задаємося перерізом мідних жил величиною $s_{\text{Ж}} = 1 \text{ мм}^2$.

Вхідні дані для розрахунку діаметра кабелю приймаємо наступні:

1. $\rho_{\text{КТ}} = 1024 \text{ кг/м}^3$ – значення густини КТ для досягнення його нульової плавучості у морській воді
2. $\rho_{\text{М}} = 8875 \text{ кг/м}^3$ – густина міді
3. $\rho_{\text{ІЗОЛ}} = 920 \text{ кг/м}^3$ – густина ізоляції зі спіненого поліетилену (для силових жил)
4. $\rho_{\text{ОПТ}} = 1470 \text{ кг/м}^3$ – густина оптоволоконної компоненти, діаметр і переріз якої обирається таким як і в силових жилах
5. $\rho_{\text{ВЖ}} = 1400 \text{ кг/м}^3$ – густина вантажонесучої компоненти (армлен)
6. $\rho_{\text{ІС}} = 1100 \text{ кг/м}^3$ – густина гідрофобного заповнювача (ізополібутіленовий спирт)
7. $\rho_{\text{ПЕ}} = 920 \text{ кг/м}^3$ – густина заповнювача плавучої оболонки (вспінений

поліетилен)

8. $h_{\text{ІЗОЛ}} = 1$ мм – товщина ізоляції струмоведучої жили

9. $T = 350$ кг/мм² – розривна міцність арамідного волокна

10. $F = 1000$ кг – розривне зусилля, що повинен витримувати КТ

Діаметр струмоведучої жили без ізоляції визначається наступним чином:

$$d_{\text{Ж}} = 2\sqrt{s_{\text{Ж}} / \pi} = 2 \cdot \sqrt{1 / 3,14} = 1,13 \text{ мм}$$

Діаметр струмоведучої жили, враховуючи ізоляцію:

$$d_{\text{Ж_ІЗОЛ}} = d_{\text{Ж}} + 2 \cdot h_{\text{ІЗОЛ}} = 1,13 + 2 \cdot 1 = 3,13 \text{ мм}$$

Переріз струмоведучої жили в ізоляції:

$$s_{\text{Ж_ІЗОЛ}} = \pi \cdot (d_{\text{Ж_ІЗОЛ}} / 2)^2 = 3,14 \cdot (3,13 / 2)^2 = 7,7 \text{ мм}^2$$

Переріз ізоляції струмоведучої жили визначається наступним чином:

$$s_{\text{ІЗОЛ}} = s_{\text{Ж_ІЗОЛ}} - s_{\text{Ж}} = 7,7 - 1 = 6,7 \text{ мм}^2$$

Погона маса однієї струмоведучої жили без ізоляції:

$$m_{\text{Ж}} = \rho_{\text{М}} \cdot s_{\text{Ж}} \cdot 10^{-6} = 8875 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,0089 \text{ кг/м}$$

Погона маса ізоляції однієї струмоведучої жили:

$$m_{\text{ІЗОЛ}} = \rho_{\text{ІЗОЛ}} \cdot s_{\text{ІЗОЛ}} \cdot 10^{-6} = 920 \cdot 6,7 \cdot 10^{-6} = 0,0062 \text{ кг/м}$$

Погона маса однієї струмоведучої жили в ізоляції:

$$m_{\text{Ж_ІЗОЛ}} = m_{\text{Ж}} + m_{\text{ІЗОЛ}} = 0,0089 + 0,0062 = 0,0151 \text{ кг/м}$$

Погона маса оптоволоконної компоненти:

$$m_{\text{ОПТ}} = \rho_{\text{ОПТ}} \cdot s_{\text{Ж_ІЗОЛ}} \cdot 10^{-6} = 1470 \cdot 7,7 \cdot 10^{-6} = 0,0113 \text{ кг/м}$$

Для розрахунку погонної маси гідрофобного заповнювача визначаємо внутрішній діаметр захисної оболонки:

$$d_{\text{ВН_ОБ}} = d_{\text{Ж_ІЗОЛ}} \cdot (2 + \sqrt{3}) / \sqrt{3} = 3,13 \cdot (2 + \sqrt{3}) / \sqrt{3} = 6,74 \text{ мм}$$

Переріз внутрішньої захисної оболонки:

$$s_{\text{ВН_ОБ}} = \pi \cdot (d_{\text{ВН_ОБ}} / 2)^2 = 3,14 \cdot (6,74 / 2)^2 = 35,67 \text{ мм}^2$$

Переріз гідрофобного заповнювача:

$$s_{\text{ІС}} = s_{\text{ВН_ОБ}} - 3 \cdot s_{\text{Ж_ІЗОЛ}} = 35,67 - 3 \cdot 7,7 = 12,57 \text{ мм}^2$$

Погона маса гідрофобного заповнювача:

$$m_{\text{ІС}} = \rho_{\text{ІС}} \cdot s_{\text{ІС}} = 1100 \cdot 12,57 \cdot 10^{-6} = 0,014 \text{ кг/м}$$

Переріз вантажонесучого елемента:

$$s_{\text{ВЖ}} = F / T = 1000 / 350 = 2,86 \text{ мм}^2$$

Погона маса вантажонесучого елемента:

$$m_{\text{ВЖ}} = \rho_{\text{ВЖ}} \cdot s_{\text{ВЖ}} \cdot 10^{-6} = 1400 \cdot 2,86 \cdot 10^{-6} = 0,004 \text{ кг/м}$$

Переріз КТ без урахування зовнішньої оболонки:

$$s_{\text{ВН}} = s_{\text{ВН_ОБ}} + s_{\text{ВЖ}} = 35,67 + 2,86 = 38,53 \text{ мм}^2$$

Погона маса кабелю без плавучої оболонки:

$$\begin{aligned} m_{\text{КТ_Б_ПО}} &= 2 \cdot m_{\text{Ж_ІЗОЛ}} + m_{\text{ОПТ}} + m_{\text{ІС}} + m_{\text{ВЖ}} = \\ &= 2 \cdot 0,0151 + 0,0113 + 0,014 + 0,004 = 0,0595 \text{ кг/м} \end{aligned}$$

Розрахунок погонного об'єму КТ без плавучої оболонки:

$$V_{\text{КТ_Б_ПО}} = s_{\text{ВН}} \cdot 10^{-6} = 38,53 \cdot 10^{-6} \text{ м/м}^3$$

Розрахунок густини КТ без плавучої оболонки:

$$\rho_{\text{КТ_Б_ПО}} = m_{\text{КТ_Б_ПО}} / V_{\text{КТ_Б_ПО}} = 0,0595 / 38,53 \cdot 10^{-6} = 1544,25 \text{ кг/м}^3$$

Розрахунок плавучої оболонки продовжимо, виходячи з залежності:

$$m_{\text{КТ}} = m_{\text{КТ_Б_ПО}} + m_{\text{ПЕ}}$$

Напишемо вираз, де попереднє рівняння приймається через густину:

$$\rho_{\text{КТ}} \cdot V_{\text{КТ}} = \rho_{\text{КТ_Б_ПО}} \cdot V_{\text{КТ_Б_ПО}} + \rho_{\text{ПЕ}} \cdot V_{\text{ПЕ}}$$

Оскільки об'єм розраховується як додаток перерізу на довжину, тоді, враховуючи, що довжина однакова, можливо записати рівняння:

$$\rho_{\text{КТ}} \cdot s_{\text{КТ}} = \rho_{\text{КТ_Б_ПО}} \cdot s_{\text{КТ_Б_ПО}} + \rho_{\text{ПЕ}} \cdot s_{\text{ПЕ}}$$

Переріз плавучого елемента визначатиметься наступним чином:

$$m_{\text{ПЕ}} = m_{\text{КТ}} - m_{\text{КТ_Б_ПО}}$$

Переріз КТ розраховується наступним чином:

$$\begin{aligned} s_{\text{КТ}} &= s_{\text{ВН}} \cdot (\rho_{\text{КТ_Б_ПО}} - \rho_{\text{ПЕ}}) / (\rho_{\text{КТ}} - \rho_{\text{ПЕ}}) = \\ &= 38,53 \cdot (1544,25 - 920) / (1024 - 920) = 231,3 \text{ мм}^2 \end{aligned}$$

Кожна мідна жила має власну ізоляцію і разом з оптоволоконном утворюють зовнішній діаметр КТ. Фактичний діаметр КТ буде враховувати товщину зовнішньої ізоляції та розраховуватиметься наступним чином:

$$d_{\text{КТ}} = 2\sqrt{s_{\text{КТ}} / \pi} = 2 \cdot \sqrt{231,3 / 3,14} = 17,2 \text{ мм}$$

Переріз плавучої оболонки:

$$s_{\text{ПЕ}} = s_{\text{КТ}} - s_{\text{ВН}} = 231,3 - 38,53 = 192,77 \text{ мм}^2$$

Погона маса плавучої оболонки:

$$m_{\text{ПЕ}} = \rho_{\text{ПЕ}} \cdot s_{\text{ПЕ}} \cdot 10^{-6} = 920 \cdot 192,77 \cdot 10^{-6} = 0,177 \text{ кг/м}$$

Погона маса КТ:

$$m_{\text{КТ}} = m_{\text{КТ_Б_ПО}} + m_{\text{ПЕ}} = 0,0595 + 0,177 = 0,237 \text{ кг/м}$$

Маса КТ:

$$M_{\text{КТ}} = m_{\text{КТ}} \cdot L = 0,237 \cdot 200 = 47,4 \text{ кг}$$

Наведено розрахунок параметрів кабель-троса прив'язного підводного апарата.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Науково-технічний прогрес вніс серйозні зміни в умови виробничої діяльності працівників розумової праці. Їх праця стала інтенсивнішою, напруженою, такою, що вимагає значних витрат розумової, емоційної і фізичної енергії. Це зажадало комплексного рішення проблем ергономіки, гігієни і організації праці, регламентації режимів праці і відпочинку.

Охорона здоров'я трудящих, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація професійних захворювань і виробничого травматизму складає одну з головних турбот людського суспільства. Звертається увага на необхідність широкого застосування прогресивних форм наукової організації праці, відомості до мінімуму ручної, малокваліфікованої праці, створення обстановки, що виключає професійні захворювання і виробничий травматизм.

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, які впливають на людину при розробці системи

При розробці та використанні спеціалізованої комп'ютерної система збору й обробки інформації (СЗОІ) комплексу прив'язного підводного апарату проекту «Гідрограф» призначеної для контролю стану технічних засобів живлення на великих обсягах підводного простору, великих підводних об'єктів: до 480 датчиків (оповіщувачів), до 180 виконавчих пристроїв, ми маємо на увазі роботу з ПЕОМ. Отже, вплив роботи ПЕОМ на людину є однією з найнебезпечніших складових частин системи.

Користувач ПЕОМ та його керівник повинні знати про шкідливий вплив факторів і про ефективні способи захисту від них, що зменшує ймовірність

одержання ними різних професійних захворювань, а також знижує кількість збоїв та помилок у роботі операторів.

Перелічимо основні порушення, що допускають із боку адміністрації:

- практично ніде не проводиться атестація робочих місць за умовами праці, а це значить, що існуючі порушення вимог безпечно не виявляються й не усуваються;

- більшість операторів і користувачів ПК не знають, які небезпечні й шкідливі виробничі фактори діють на них на комп'ютеризованому робочому місці;

- працюючі на ПЕОМ не знають фактичних величин параметрів небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що діють на робочому місці;

- оператори (та інші користувачі) не знайомі з основами трудового законодавства про охорону праці, зі своїми правами, з обов'язками адміністрації по забезпеченню нормальних умов праці;

- на підприємствах відсутні нормативні документи з охорони праці та безпеки ПК;

- практично повсюдно не проводиться навчання безпечним прийомам і методам праці на ПК, а також інструктування операторів, програмістів, техніків і інших користувачів, тоді як роботи на ПК нерідко ставляться до категорії робіт з небезпечними й шкідливими умовами праці;

- монітори, що експлуатуються та купуються нові, практично ніде не мають сертифікатів безпеки й гігієнічних сертифікатів, причому торгуючі організації найчастіше вручають малограмотним покупцям фальсифіковані гігієнічні сертифікати й сертифікати безпеки;

- далеко не всім операторам і користувачам видаються засоби індивідуального захисту;

- більшість роботодавців не витрачають достатніх засобів на встаткування робочих місць відповідно до вимог норм (зокрема, по забезпеченню освітленості,

необхідного повітрообміну, аероіонного складу й мікробіологічної чистоти повітря; по забезпеченню ергономічними меблями і т.п.);

- у багатьох офісних і виробничих приміщеннях має місце невідповідність санітарним нормам по площі й обсягу на одного працюючого (нерідко ці параметри виявлялися менше норми в 2-2,5 рази).

На працюючого на ПЕОМ постійно або періодично діють наступні небезпечні та шкідливі фактори:

1.Забруднення повітря шкідливими речовинами, пилом, мікроорганізмами та позитивними аероіонами.

2. Невідповідність нормам параметрів мікроклімату.

3. Виникнення на екрані монітора статистичних зарядів, що змушують часточки пилу рухатися до найближчого заземленого предмета, часто їм виявляється особа оператора.

4. Підвищений рівень шуму на робочому місці.

5. Підвищений рівень статистичної електрики при неправильно запроектованій робочій зоні.

6. Небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може пройти через тіло людини.

7. Широкий спектр випромінювання від дисплея, що включає рентгеніву, ультрафіолетову та інфрачервону області, а також широкий діапазон електромагнітних випромінювань інших частот.

8. Підвищений рівень електромагнітних випромінювань.

9. Підвищений рівень іонізуючих випромінювань (м'яке рентгенівське, гамма-випромінювання).

10. Відсутність або недолік природного світла.

11. Недостатня освітленість робочої зони.

12. Підвищена яскравість світла.

13. Знижена контрастність.

14. Пряма та зворотна блескність.

15. Підвищена пульсація світлового потоку (мерехтіння зображення).
16. Тривале перебування в тому самому положенні й повторення тих самих рухів приводить до синдрому тривалих статичних навантажень (СТСН).
17. Нераціональна організація робочого місця.
18. Невідповідність ергономічних характеристик устаткування нормованим величинам.
19. Розумова перенапруга, що обумовлена характером розв'язуваних завдань приводить до синдрому тривалих психологічних навантажень (СТПН).
20. Великий обсяг перероблюваної інформації, що приводить до значних навантажень на органи зору.
21. Монотонність праці.
22. Нервово-психічні навантаження.
23. Нервово-емоційні стресові навантаження.
24. Небезпека виникнення пожежі.

5.2 Заходи техніки безпеки при облаштуванні робочого місця оператора персонального комп'ютера

Робоче місце – це частина простору, в якому оператора здійснює трудову діяльність, і проводить велику частину робочого часу. Робоче місце, добре пристосоване до трудової діяльності оператора, правильно і доцільно організоване, відносно простору, форми, розміру забезпечує йому зручне положення при роботі і високу продуктивність праці при найменшій фізичній і психічній напрузі.

При правильній організації робочого місця продуктивність праці оператора зростає з 8 до 20 відсотків.

Згідно ДЕРЖСТАНДАРТ 12.2.032-78 конструкція робочого місця і взаємне розташування всіх його елементів повинно 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;
- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення;
- необхідне природне і штучне освітлення для виконання поставлених завдань;
- рівень акустичного шуму не повинен перевищувати допустимого значення.

Головними елементами робочого місця оператора є письмовий стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Робоче місце для виконання робіт в положенні сидячи організовується відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТ 12.2.032-78.

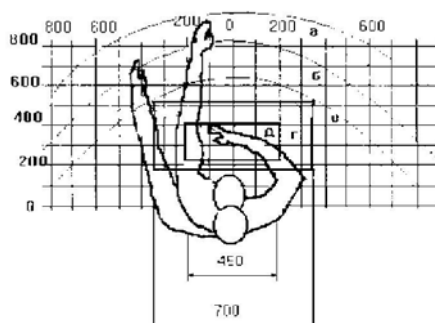


Рисунок 5.1 – Зони досяжності рук в горизонтальній площині: а – зона максимальної досяжності; б – зона досяжності пальців при витягнутій руці; в – зона легкої досяжності долоні; г – оптимальний простір для грубої ручної роботи; д – оптимальний простір для тонкої ручної роботи.

Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення оператора. Рациональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і постійність розміщення

предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібен для виконання робіт частіше, розташоване в зоні легкої досяжності робочого простору.

Моторне поле – простір робочого місця, в 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 в плечовому суглобі.

Оптимальна зона – частина моторного поля робочого місця, обмеженого дугами, що описуються передпліччями при русі в ліктьових суглобах з опорою в точці ліктя і з відносно нерухомим плечем.

Розглянемо оптимальне розміщення предметів праці і документації в зонах досяжності рук:

ДИСПЛЕЙ розміщується в зоні **а** (у центрі);

КЛАВІАТУРА – в зоні **г/д**;

СИСТЕМНИЙ БЛОК розміщується в зоні **б** (зліва);

ПРИНТЕР знаходиться в зоні **а** (справа);

ДОКУМЕНТАЦІЯ

1) у зоні легкої досяжності долоні – в (зліва) – література і документація, необхідна при роботі;

2) у висувних ящиках столу – література, невживана постійно.

При проектуванні письмового столу слід враховувати наступне:

– висота столу повинна бути вибрана з урахуванням можливості сидіти вільно, в зручній позі, при необхідності спираючись на підлокітники;

– нижня частина столу повинна бути сконструйована так, щоб оператора міг зручно сидіти, не був вимушений підтискати ноги;

– поверхня столу повинна володіти властивостями, що виключають появу відблисків у полі зору оператора;

– конструкція столу повинна передбачати наявність висувних ящиків (не менше 3 для зберігання документації, лістингів, канцелярського приладдя, особистих речей).

Параметри робочого місця вибираються відповідно до антропометричних характеристик. При використанні цих даних в розрахунках слід виходити з максимальних антропометричних характеристик (М+2).

При роботі в положенні сидючи рекомендуються наступні параметри робочого простору:

- ширина не менше 700 мм;
- глибина не менше 400 мм;
- висота робочої поверхні столу над підлогою 700-750 мм.

Оптимальними розмірами столу є:

- висота 710 мм;
- довжина столу 1300 мм;
- ширина столу 650 мм.

Поверхня для листа повинна мати не менше 40 мм в глибину і не менше 600 мм завширшки.

Під робочою поверхнею повинен бути передбачений простір для ніг:

- висота не менше 600 мм;
- ширина не менше 500 мм;
- глибина не менше 400 мм.

Важливим елементом робочого місця оператора є крісло. Воно виконується відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТ 21.889-76. При проектуванні крісла виходять з того, що при будь-якому робочому положенні оператора його поза повинна бути фізіологічно правильно обґрунтованою, тобто положення частин тіла повинне бути оптимальним. Для задоволення вимог фізіології, що витікають з аналізу положення тіла людини в положенні сидючи, конструкція робочого сидіння повинна задовольняти наступним основним вимогам:

- допускати можливість зміни положення тіла, тобто забезпечувати вільне переміщення корпусу і кінцівок тіла один щодо одного;
- допускати регулювання висоти залежно від зростання працюючої людини (у межах від 400 до 550 мм);
- мати злегка увігнуту поверхню;
- мати невеликий нахил назад.

Виходячи з вищесказаного, приведемо параметри столу оператора:

- висота столу 710 мм;
- довжина столу 1300 мм;
- ширина столу 650 мм;
- глибина столу 400 мм.

Поверхня для листа:

- у глибину 40 мм;
- завширшки 600 мм.

Важливим моментом є також раціональне розміщення на робочому місці документації, канцелярського приладдя, що повинно забезпечити що працює зручну робочу позу, найбільш економічні рухи і мінімальні траєкторії переміщення працює і предмету праці на даному робочому місці.

Створення сприятливих умов праці і правильне естетичне оформлення робочих місць на виробництві має велике значення як для полегшення праці, так і для підвищення його привабливості, що позитивно впливає на продуктивність праці. Забарвлення приміщень і меблів повинне сприяти створенню сприятливих умов для зорового сприйняття, гарного настрою. У службових приміщеннях, в яких виконується одноманітна розумова робота, що вимагає значної нервової напруги і великого зосередження, забарвлення повинне бути спокійних тонів – мало насичені відтінки холодного зеленого або блакитного кольорів.

При розробці оптимальних умов праці оператора необхідно враховувати освітленість, шум і мікроклімат.

Раціональне освітлення робочого місця є одним з найважливіших чинників, що впливають на ефективність трудової діяльності людини, застережливих травматизм і професійні захворювання. Правильно організоване освітлення створює сприятливі умови праці, підвищує працездатність і продуктивність праці. Освітлення на робочому місці оператора повинне бути таким, щоб працівник міг без напруги зору виконувати свою роботу. Стомлюваність органів зору залежить від ряду причин:

- недостатність освітленості;
- надмірна освітленість;
- неправильний напрям світла.

Недостатність освітлення приводить до напруги зору, ослабляє увагу, приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає засліплення, роздратування і різь в очах. Неправильний напрям світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати того, що працює. Всі ці причини можуть привести до нещасного випадку або профзахворювань, тому такий важливий правильний розрахунок освітленості.

Розрахунок освітленості робочого місця зводиться до вибору системи освітлення, визначення необхідного числа світильників, їх типа і розміщення. Процес роботи оператора в таких умовах, коли природне освітлення недостатньо або відсутній. Виходячи з цього, розрахуємо параметри штучного освітлення.

Штучне освітлення виконується за допомогою електричних джерел світла двох видів: ламп розжарювання і люмінесцентних ламп. Використовуватимемо люмінесцентні лампи, які в порівнянні з лампами розжарювання мають істотні переваги: по спектральному складу світла вони близькі до денного, природного освітлення; володіють вищими ККД (в 1.5-2 рази вище, ніж ККД ламп розжарювання); володіють підвищеною світловидатністю (в 3-4 рази вище, ніж у ламп розжарювання); триваліший термін служби.

Параметри мікроклімату можуть мінятися в широких межах, тоді як необхідною умовою життєдіяльності людини є підтримка постійності

температури тіла завдяки властивості терморегуляції, тобто здібності організму регулювати віддачу тепла в навколишнє середовище.

Основний принцип нормування мікроклімату – створення оптимальних умов для теплообміну тіла людини з навколишнім середовищем. У санітарних нормах СН-245/71 встановлені величини параметрів мікроклімату, що створюють комфортні умови. Ці норми встановлюються залежно від пори року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення (значні або незначні тепловиділення). Для робочих приміщень з надмірним тепловиділенням до 20 ккал/м³ допустимі і оптимальні значення параметрів мікроклімату приведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Залежність параметрів мікроклімату від періоду року

Пора року	Зона	Температура повітря, °C	Відносна вологість %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний період	Оптимальна	18 – 21	60 – 40	< 0.2
Перехідний період	Допустима	17 – 21	< 75	< 0.3
Теплий період року ($t > 10^0$ C)	Оптимальна	20 – 25	60 – 40	< 0.3
Теплий період року ($t > 10^0$ C)	Допустима	< 28 в 13 годин найжаркішого міс.	< 75	< 0.5

В даний час для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи, так і технічні засоби. До організаційних належать раціональна організація проведення робіт залежно від пори року і доби, а також

організація правильного чергування праці і відпочинку. У зв'язку з цим рекомендується на території підприємства організовувати зелену зону з лавками для відпочинку і водоймищем (басейни, фонтани). Технічні засоби включають вентиляцію, кондиціонування повітря, опалювальну систему.

Встановлено, що шум погіршує умови праці, надаючи шкідливу дію на організм людини. При тривалій дії шуму на людину відбуваються небажані явища: знижується ДЕРЖСТАНДАРТрота зору, слуху, підвищується кров'яний тиск, знижується увага. Сильний тривалий шум може стати причиною функціональних змін серцево-судинної і нервової систем.

Згідно ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1.003-88 ("Шум. Загальні вимоги безпеки") характеристикою постійного шуму на робочих місцях є середньоквадратичні рівні тиску в октавних смугах частот з середньгеометричними стандартними частотами: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 і 8000 Гц. У цьому ДЕРЖСТАНДАРТі вказані значення гранично допустимих рівнів шуму на робочих місцях підприємств. Для приміщенні конструкторських бюро, розраховувачів і програмістів рівні шуму не повинні перевищувати відповідно: 71, 61, 54, 49, 45, 42, 40, 38 дБ. Ця сукупність восьми нормативних рівнів звукового тиску називається граничним спектром.

Будівельно-акустичні методи захисту від шуму передбачені будівельними нормами і правилами (БНіП-ІІ-12-77). це:

- звукоізоляція тих, що захищають конструкції, ущільнення по периметру притворів вікон і дверей;
- звукопоглинальні конструкції і екрани;
- глушники шуму, звукопоглинальні облицювання.

На робочому місці оператора джерелами шуму, як правило, є технічні засоби, як те – комп'ютер, принтер, вентиляційне устаткування, а також зовнішній шум. Вони видають досить незначний шум, тому в приміщенні досить використовувати звукопоглинання. Зменшення шуму, проникаючого в приміщення ззовні, досягається ущільненням по периметру притворів вікон і

дверей. Під звукопоглинанням розуміють властивість акустично оброблених поверхонь зменшувати інтенсивність відбитих ними хвиль за рахунок перетворення звукової енергії в теплову. Звукопоглинання є достатньо ефективним заходом щодо зменшення шуму. Найбільш вираженими звукопоглинальними властивостями володіють волокнисто-пористі матеріали: фібролітові плити, скловолокно, мінеральна вата, поліуретановий поропласт, пористий полівінілхлорид і ін. До звукопоглинальних матеріалів відносяться лише ті, коефіцієнт звукопоглинання яких не нижче 0.2.

Звукопоглинальні облицювання з вказаних матеріалів (наприклад, мати з надтонкого скловолокна з оболонкою з склотканини потрібно розмістити на стелі і верхніх частинах стін). Максимальне звукопоглинання буде досягнуте при облицюванні не менше 60% загальної площі захищаючих поверхонь приміщення. Системи опалювання і системи кондиціонування слід встановлювати так, щоб ні тепле, ні холодне повітря не прямувало на людей. На виробництві рекомендується створювати динамічний клімат з певними перепадами показників. Температура повітря у поверхні підлоги і на рівні голови не повинна відрізнятись більш, чим на 5 градусів. У виробничих приміщеннях крім природної вентиляції передбачають припливно-витяжну вентиляцію. Основним параметром, що визначає характеристики вентиляційної системи, є кратність обміну, тобто скільки разів на годину зміниться повітря в приміщенні.

ВИСНОВКИ

По-перше, систему електроживлення будь-якого прив'язного підводного апарата, який входить до складу прив'язної підводної системи необхідно розробляти, зважаючи на спосіб і реалізацію інформаційного обміну між апаратом та постом енергетики та керування.

По-друге, використання актуальної технології Power Line Communication, при якій телеметрична інформація та відеозображення передається по силовим провідникам дозволяє зменшити діаметр кабель-троса, тим самим збільшуючи підводний робочий простір апарата.

По-третє, наведена технологія, яка використовується дозволяє використовувати технологічне обладнання з живленням по Ethernet, тобто так званий Power Of Ethernet.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Блінцов В.С., Магула В.Е. Проектування самохідних прив'язних підводних систем. – Київ: Наукова думка, 1997. – 140 с.
2. Блінцов В.С. Прив'язні підводні системи. – Київ: Наукова думка, 1998. – 232 с.
3. Блінцов О. В. Оптимізація довжини кабель-троса при керуванні рухом прив'язного телекерованого підводного апарата. Вісник НТУ «ХП». 2016. № 49 (1221). С. 18–24.
4. Блінцов О. В., Надточій В. А. Автоматизація керування одноланковими самохідними прив'язними підводними системами: навчальний посібник. Миколаїв: Вид-во НУК, 2014. 124 с.
5. Створення універсальних транспортних суден і засобів океанотехніки: монографія / С. С. Рижков, В. С. Блінцов, Г. В. Єгоров та ін.; за ред. С. С. Рижкова. Миколаїв: Видавництво НУК, 2011. 340 с.
6. Блінцов О.В. Синтез залежності між силою гідродинамічного опору та діаметром кабель-троса підводного апарата-робота. Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2009. – №6(429). – С. 55-61.
7. Блінцов О.В. Методика визначення проектних параметрів самохідної прив'язної підводної системи для режиму усталеного руху. Електронне видання «Вісник НУК» – Миколаїв: НУК, 2010. – №3.