

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Кафедра приладів і контрольно-вимірювальних систем
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Інформаційна система пристрою для вимірювання кутового
положення азимутальної осі антенної системи «Кристал 5М»

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи РІм-61
спеціальності (напряму підготовки) 152
«Метрологія та інформаційно-вимірювальна
техніка»

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Півторак І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Стрембіцький М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Апостол Ю.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2019

ЗМІСТ

	с.
СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	5
ВСТУП	6
1 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Літературний огляд за темою роботи	8
1.2 Опис конструкції та принципу роботи спроектованого пристрою	18
1.3 Основні кінематичні та силові розрахунки	22
1.3.1 Кінематичний розрахунок приводу	22
1.3.2 Силовий розрахунок приводу	27
2 ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МАТМОДЕЛЮВАННЯ	37
2.1 Постановка задачі	37
2.2 Розроблення математичної моделі об'єкту дослідження	40
3 ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА САПР	49
3.1 Розроблення структурної та функціональної схем системи вимірювання і керування для спроектованого пристрою	49
3.2 Розроблення принципової електричної схеми системи вимірювання і керування для спроектованого пристрою	53
3.2.1 Вибір елементної бази	53
3.2.2 Розрахунок номіналів елементів	56
3.2.3 Бюджет живлення розробленої схеми	57
3.2.4 Процедура калібрування	58
4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	60
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	72
6 ЕКОЛОГІЯ	88
ВИСНОВКИ	95
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	96
ДОДАТКИ	97

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АД	асинхронний двигун
АС	антенна станція
ВЧ	високочастотне випромінювання
ДЗЗ	дистанційного зондування Землі
ЕМВ	електромагнітне випромінювання
ЕМП	електромагнітні промені
ЕОМ	електронно-обчислювальна машина
ЕРС	електрорушійна сила
КА	космічний апарат
КЗ	коротко-замкнутий
ККД	коефіцієнт корисної дії
КОПП	керований опорно-поворотний пристрій
НВЧ	надвисокочастотне випромінювання
НС	надзвичайна ситуація
ОКП	обертвий контактний пристрій
ОПП	опорно-поворотний пристрій
ОС	операційна система
ПТЕ	правила технічної експлуатації
ПЧ	перетворювач частоти

ВСТУП

Найбільш вагомим фактором розвитку сучасного суспільства стає інформація. Одним з напрямів інформаційних технологій, що динамічно розвивається в світі, є створення геоінформаційних систем на основі технологій дистанційного зондування Землі з космосу (ДЗЗ) за допомогою низькоорбітальних космічних апаратів. Такі системи дають можливості масштабного моніторингу природних ресурсів, надзвичайних ситуацій, використання земель, прогнозування урожайності, машинобудівної та військової сфери. Для розвитку геоінформаційних систем необхідне створення ефективних наземних антенних станцій (АС) прийому інформації ДЗЗ, що забезпечили б оперативний і надійний доступ до даних з космічних апаратів (КА).

Особливостями конструкцій АС, призначених для прийому інформації ДЗЗ є високі вимоги до динамічних характеристик опорно-поворотних пристроїв (ОПП) АС, які повинні забезпечити високу точність наведення і супроводу КА шляхом позиціонування і утримання променя великогабаритного рефлектора АС в напрямі низькоорбітального КА з похибкою одиниць кут. Хв.

Особливостями побудови кожного керованого опорно-поворотного пристрою визначається:

- кількістю осей наведення;
- діапазоном кутів наведення по цих осях;
- вимогами по розміщеною опорно-поворотного пристрою з встановленою на ньому антеною на об'єкті;
- вимогами до точності;
- швидкістю наведення антени;
- вимогами до надійності і стійкості до зовнішніх діючих факторів.

В той же час не дивлячи на всі багато доступні в використанні системи опорно-поворотних пристроїв їх можна класифікувати за наступним основним ознаками:

- за умовами роботи;
- за кількістю осей наведення;
- за кількістю або відсутністю осі, відносно якої здійснюється наведення антени навколо без обмеження кількості поворотів;
- за розміщенням елементів системи керування опорно-поворотним пристроєм.

1 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Літературний огляд за темою роботи

Найважливішими вузлами антенних систем є опорно-поворотні пристрої (ОПП), які виконують функцію наведення антени на досліджуваний об'єкт і забезпечують його відстеження.

Опорно-поворотний пристрій – це складова частина обладнання, призначена для передавачі навантажень (вантажного моменту, вертикальних і горизонтальних сил) від поворотної частини системи на неповоротну та для обертання поворотної частини.

Детальну класифікацію керованих опорно-поворотних пристроїв зображено на (рис. 1.1).

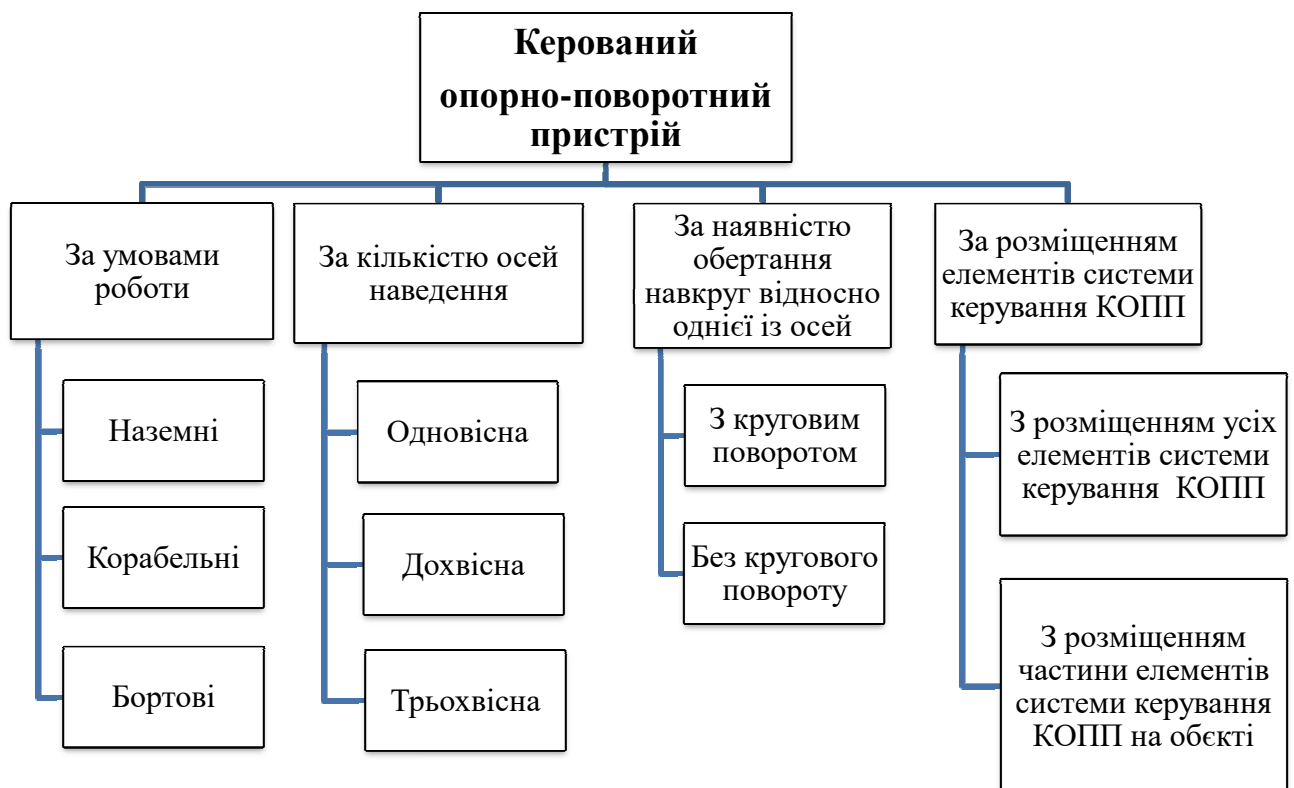


Рисунок 1.1 – Класифікація керованих опорно-поворотних пристроїв.

Стационарні наземні КОПП (керовані опорно-поворотні пристрої), зазвичай, експлуатуються на відкритому повітрі, тому до них ставляться вимоги щодо стійкості до впливу вітрових навантажень, сонячного випромінення та інших атмосферних явищ.

До КОПП, розташованих на рухомих наземних об'єктах ставлять більш жорсткі вимоги щодо стійкості і міцності зовнішніх впливів (вібрації та ударам), масі та габаритам.

КОПП цієї групи з встановленими на них антенами можуть бути розміщені під радіо-прозорим накриттям, яке захищає їх від вітрових навантажень, сонячного випромінення, та атмосферних опадів, але водночас являється однією з причин нагрівання повітряного простору, в якому знаходиться опорно-поворотний пристрій, до високих температур. Тому до таких КОПП ставлять більш жорсткі вимоги щодо стійкості до значної зміни температури зовнішнього середовища, а також до циклічності таких явищ.

Для КОПП розміщених на кораблях характерне агресивніше зовнішнє середовище, тому до них ставлять більш високі вимоги по стійкості до впливу високої вологості, а також стійкості до впливу соляного туману. Вимоги по масо-габаритних характеристиках, стійкості до низької температури та стійкості до механічних впливів для КОПП цієї групи, зазвичай, не настільки високі як для КОПП, розташованих на рухомих наземних об'єктах.

До бортових КОПП ставлять найбільш жорсткіші вимоги по масо-габаритних характеристиках і показниках надійності. Вимоги по стійкості до високих показників температури температури зовнішнього середовища, до механічних впливів для бортових КОПП також достатньо високі. Окрім цього до бортових КОПП встановлюють вимоги стійкості до зниження атмосферного тиску і до різкої зміни температури зовнішнього середовища.

Бортові КОПП із встановленими на них антенними системами, як правило, встановлюють під радіо-прозорим ковпаком, що в свою чергу є причиною додаткових вимог по їх конструкційному виконанню.

Якщо основною задачею стаціонарних наземних КОПП є забезпечення наведення антени в задано напрямку або програмної зміни напрямку антени в просторі при виконанні сканування, тоді для КОПП, розміщених на рухомих наземних об'єктах, також, як для корабельних і бортових КОПП, характерною задачею являється забезпечення наведення і утримання заданого напрямку антени в інерційному просторі при русі об'єкта-носія.

По кількості осей наведення КОПП розділяють на одновісні, двовісні, і трьохвісні. Дуже рідко зустрічаються КОПП де кількість осей наведення перевищують три.

КОПП з *однією віссю обертання* є найбільш простим, але може бути використаний для наведення в комплексах радіозв'язку з достатньо широкою діаграмою направленості антени.

КОПП з *двома осями обертання* широко використовуються для наведення та непрямой стабілізації наземних, корабельних та бортових антен з круговою поляризацією. Як правило, двохосьові КОПП виконуються з віссю наведення по азимуту та куту місця.

Для наведення антен з лінійною поляризацією, встановлених на рухомих об'єктах, переважно використовують трьохосьові КОПП.

По мірі збільшення кількості осей і діапазонів кутів наведення антени по цим осям ускладнюється конструкція КОПП.

КОПП, призначені для наведення антени навкруг відносно однієї із осей, мають встановлене в вузлі обертання відносно цієї осі обертовий

контактний пристрій (ОКП). ОКП забезпечує обмін сигналами між антеною і встановленим на об'єкті-носії внутрішнім пристроєм комплексу радіозв'язку, а також обмін сигналами між елементами системи керування КОПП, розміщеними на його рухомих і нерухомих елементах конструкції.

КОПП, не маючи осей кругового обертання, можуть бути виконані без ОКП.

За розміщенням елементів системи керування КОПП можна розділити на КОПП з розміщенням на них усіх елементів системи керування і на КОПП з розміщенням частини елементів системи керування на об'єкті. Кожний із цих варіантів розміщення має свої переваги та недоліки.

Основною перевагою варіанта виконання КОПП з розміщенням на ньому усіх елементів системи керування являється подання КОПП у вигляді завершеного мехатронного модуля, маючого одне посадочне місце на об'єкті, до якого повинно бути підведене живлення і лінія зв'язку з пристроєм керування вищого рівня з порівняно малою кількістю провідників, які зазвичай вмонтовані у два окремих джгута. Основною проблемою при реалізації цього варіанту компоновки є розміщення електронних пристроїв системи керування на рухомій частині опорно-поворотного пристрою.

Основними перевагами варіанту виконання КОПП з розміщенням частини елементів системи керування на об'єкті є можливість зниження кількості зовнішніх впливових факторів, які діють на електронну частину системи керування, а також спрощення компоновки самого опорно-поворотного пристрою. Складність реалізації даного варіанта відносно трьохосьових опорно-поворотних пристроїв зв'язана з обмеженою пропозицією на ринку радіоелектронних компонентів малогабаритних ОКП для передачі великої кількості сигналів.

Проблеми проектування керованих опорно-поворотних пристроїв

Розглянемо найбільш поширені питання, які виникають при проектуванні керованих опорно-поворотних пристроїв. До числа таких питань відносяться:

- забезпечення потрібної кількості осей і заданого діапазону кутів наведення опорно-поворотного пристрою (ОПП), вимоги до стійкості та міцності при впливі механічних навантажень на ряді з виконаними вимогами по масі і розміщенням на об'єкті;
- забезпечення високої динамічної точності наведення антени під час руху об'єкта носія в якнайширшому діапазоні кутів при наявності вимог, що ставлять обмеження по масі і умов розміщення ОПП на об'єкті.

Проблема виконання вимог щодо кількості осей та діапазону кутів наведення ОПП, вимог до міцності і стійкості при впливі зовнішніх механічних чинників (вібрацій, ударів, лінійного прискорення) разом з виконанням поставлених вимог до маси і умов розміщення на об'єкті полягає в тому, що з точки зору виконання останньої вимоги КОПП повинно мати якнайменшу масу і габаритні розміри, в той же час кінематика і реальні розміри КОПП з урахуванням зон охоплення залежать від розмірів встановлюваної на нього антени, необхідної кількості осей наведення, послідовність поворотів по даних осях відносно об'єкта і діапазону кутів наведення по кожній осі. Відповідно маса КОПП залежить від його кінематичної схеми, маси антени, що представляє собою інерційне навантаження для КОПП, і поставлених вимог до міцності при впливі механічних сил вібрацій, ударів і лінійних прискорень. Виконання вимог по стійкості і міцності до перерахованих впливових факторів вимагає наявності в конструктивних елементах ОПП достатніх запасів механічної міцності, які визначають розміри поперечного перерізу конструктивних елементів ОПП і в кінцевому підсумку їх масу.

Крім того, для зменшення впливу механічного впливу на точність наведення КОПП необхідно забезпечити положення центру мас його рухомих конструкції для кожної осі наведення безпосередньо на цій осі. При розміщенні КОПП із встановленою на нього антеною в обмеженому просторі можливо за рахунок використання в конструкції призначених зрівноважених мас, що також веде до збільшення маси КОПП в цілому.

Компромісне рішення щодо забезпечення виконання вимог по кількості осей і діапазону кутів наведення КОПП, вимог по його міцності і стійкості при впливі механічних вібрацій, ударів, лінійного прискорення поряд з виконанням вимог по масі і умов розміщення на об'єкті досягається за рахунок ретельного опрацювання компоновання ОПП і раціонального вибору матеріалів, з яких виготовляються його конструктивні елементи.

Проблематичність забезпечення високої динамічної точності наведення антени в широкому діапазоні кутів при наявності вимог, накладання обмеження по масі і умов розміщення на об'єкті полягає в тому, що точність наведення антени в просторі при русі об'єкта-носія залежить від точності заданих кутів наведення антени в системі координат, пов'язаної з ОПП, виконання точності заданих кутів приводами наведення, відхилень від перпендикулярності осей ОПП і жорсткості елементів його несучої конструкції, точності вимірювання кутів повороту ОПП датчиками кута, вихідний сигнал яких використовується в якості сигналу головного зворотного зв'язку приводів наведення, Крім того, КОПП працюють в широкому діапазоні температур навколишнього середовища, Зміна температури навколишнього середовища призводить до зміни параметрів елементів системи керування, що, в свою чергу, може привести до зниження динамічної точності КОПП.

Точність виставлення заданих кутів наведення антени і системи координат, пов'язаної з ОПП, залежить від точності визначення встановленої на об'єкті навігаційною системою координат місця розташування (довготи, широти і висоти), кутів курсу, крену і тангажу об'єкта. Для забезпечення високої динамічної точності наведення антени необхідно, щоб обчислення заданих кутів наведення антени та навігаційні дані оновлювалися з досить високою частотою (близько 100 Гц і вище). При низькій частоті оновлення навігаційних даних необхідна їх екстраполяція.

Висока динамічна точність приводів наведення може бути забезпечена за рахунок вибору відповідного закону керування, використання швидкодіючих виконавчих пристроїв і механічних передач з високою жорсткістю і малим мертвим ходом. В той же час вимоги щодо мінімізації маси і умов розміщення КОПП на об'єкті обмежують можливість збільшення жорсткості механічних передач редукторів приводів наведення, що в результаті не дозволяє необмежено підвищувати динамічну точність приводів наведення.

Це обмеження динамічної точності приводів наведення може бути усунуто при використанні безредукторного приводу, однак його використання є раціональним виключно при абсолютній зрівноваженій конструкції ОПП щодо осей наведення, причому навіть при виконанні цієї умови безредукторний привід по масі і зручності розміщення на ОПП може поступатися редукторним приводам.

Відхилення від перпендикулярності осей ОПП обумовлені виробничими допусками на розміри конструктивних елементів. В зв'язку з цим допустимі відхилення від перпендикулярності осей ОПП повинні враховуватися при призначенні допусків на розміри конструктивних елементів, що визначають взаємне розташування осей наведення.

Похибка вимірювання кутів повороту ОПП визначається власною похибкою *датчиків кута*, а також похибкою, що вноситься механічною передачею, що з'єднує вал датчика кута з конструктивними елементами ОПП, що формують вісь наведення, Друга з цих похибок має найбільший вплив в тому випадку, якщо конструктивно є неможливою установка *датчика кута безпосередньо* в осі наведення в ОПП з широким діапазоном кутів наведення, тоді в осях наведення встановлюються обертові контактні з'єднувачі, в обертові хвильові переходи, прокладаються джгути електричних зв'язків до елементів системи керування (виконавчими двигунами, датчиками кута), встановленим на наступних осях наведення. Датчики кута на КОПП часто встановлені в редукторах приводів наведення і вимірюють поточні кути повороту ОПП через положення шестерень зубчатих передач цих редукторів Похибки передачі кута цими ланками редукторів є складовою частиною похибки вимірювання кутів повороту ОПП. Можливість зменшення впливу цієї похибки полягає в її алгоритмічній компенсації шляхом введення поправок в виміри, датчиком кута повороту.

Для забезпечення високої динамічної точності КОПП при зміні температури навколишнього середовища в широкому діапазоні доцільно використання самоналагоджувальні параметри алгоритму керування.

Проблеми виробництва керованих опорно-поворотних пристроїв

Найбільш проблемними питаннями при виготовленні керованих опорно-поворотних пристроїв є:

➤ дотримання вимог конструкторської документації з виготовлення конструктивних елементів ОПП, а також по збирані складальних одиниць і ОПП в цілому;

➤ вибір методів контролю основних параметрів КОПП, що дозволяють проводити їх випробування з об'єктивною оцінкою якості виготовлення.

Як вже було сказано раніше, динамічна точність КОПП залежить від дотримання перпендикулярності осей наведення, мертвих ходів механічних передач від вала виконавчого двигуна приводу наведення до його навантаження і похибок приладових механічних передач від осі наведення до датчика кута В зв'язку з цим на розміри конструктивних елементів ОПП, що визначають перпендикулярність осей наведення, міжцентрові відстані корпусів і параметри зубчастих коліс редукторів призначаються жорсткі допустимі відхилення, Виготовлення перерахованих вище вказаних деталей з необхідною по конструкторській документації точністю і подальшим збиранням КОПП в цілому можливі лише при використанні високоточного верстатного і контрольного обладнання, доповненням додатковим спеціальним технологічним оснащенням, з виконанням операцій по ретельно відпрацьованим технологічним процесом.

Якість виготовлення КОПП прийнято оцінювати по відповідності комплекту конструкторської документації, яка передбачає проведення контролю основних параметрів, діапазону кутів, максимальних швидкостей і прискорень, динамічної помилки наведення по кожній з осей.

Для контролю діапазону кутів наведення, максимальних швидкостей і прискорень наведення, досить закріпити КОПП на підставці, встановити на нього інерційний імітатор антени і, подаючи від пристрою контролю на базі ЕОМ задані кути на КОПП, контролювати тим же пристроєм його поточні кути повороту по сигналам від штатних датчиків кута.

В результаті обробки отриманого масиву заданих і поточних кутів повороту ОПП визначається діапазон кутів, максимальні швидкості і прискорення наведення по кожній осі.

Таким же методом можуть бути проконтрольовані динамічні помилки наведення ОПП по кожній осі, проте помилки наведення, вимірюються по електричному сигналу неузгодженості приводів наведення, не включають в себе похибки механічних передач від осей наведення до валів датчиків кута ОПП.

Одержання залежності похибки вимірювання кута повороту ОПП від кута наведення дозволяє виконати її алгоритмічну компенсацію шляхом введення в системі керування ОПП поправок в сигнал штатного датчика кута

Таким чином, створення і виготовлення керованих опорно-поворотних пристроїв антен радіозв'язку, що встановлюються на рухомі об'єкти, можливі при знаходженні раціональних проектних рішень по компоновці ОПП, виконання його конструктивних елементів і побудови структури системи керування з використанням сучасної елементної бази, а також при виконанні операцій по виготовленню конструктивних елементів, складання й випробування КОПП по ретельно відпрацьованих технологічних процесах із застосуванням високоточного верстатного, контрольного обладнання і спеціального технологічного оснащення.

1.2 Опис конструкції та принципу роботи спроектованого пристрою

Основною конструкцією в даній роботі є азимутальний привід наземної антенної системи «Кристал 5 М» який забезпечує положення дзеркала антени по куту азимуту під час приймання нею сигналів від орбітальних супутників.

Кінематична схема модернізованого приводу обертання опорно-поворотного пристрою (ОПП) антени «Кристал 5» навколо азимутальної осі (АЗ) приведена на рис. 1.2, а основні механічні вузли приводу перераховані в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні механічні вузли приводу азимутального

Позиція	Назва вузла
1	Асинхронний двигун з гальмом
2	Додатковий редуктор
3	Муфта глуха
4	Штатний планетарний редуктор з передатним відношенням $i_{ред.планет.}=16$
5	Штатна циліндрична шестірня з $d_5=102\text{мм}$
6	Штатне циліндричне колесо з $d_6=1790\text{мм}$
7	Прилад кутомірний

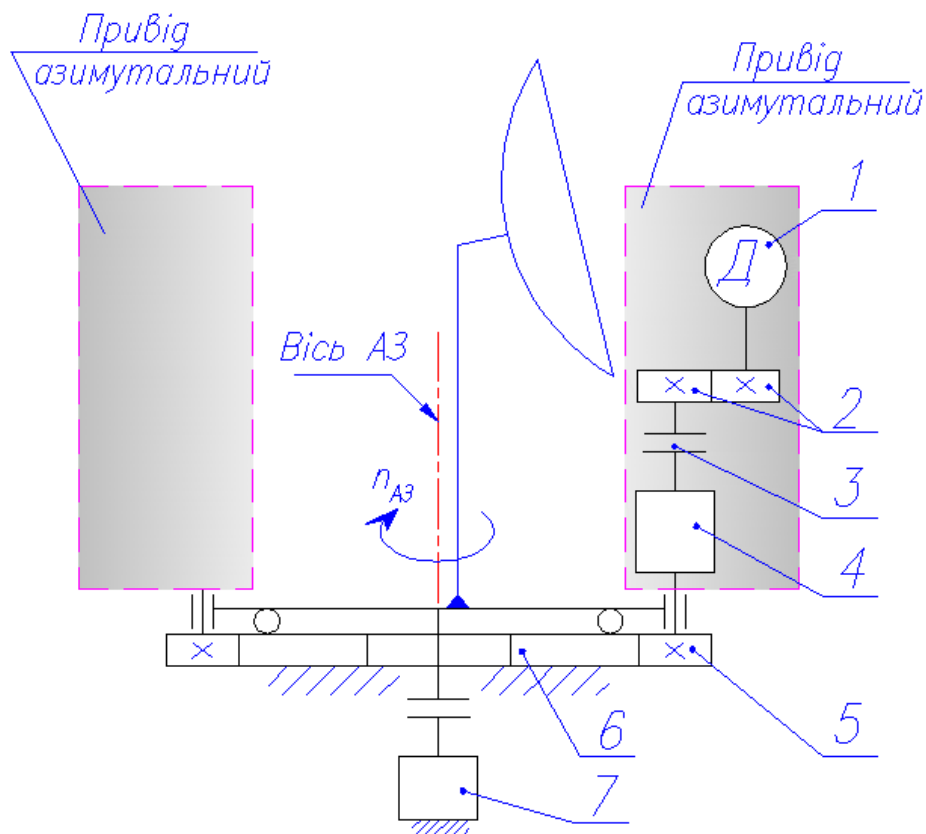


Рисунок 1.2 – Кінематична схема приводу азимутального

Привід складається з наступних штатних механічних вузлів, які залишаються незмінними в модернізованій конструкції: 4 – планетарний двоступеневий редуктор з передатним відношенням $i_{\text{ред.планет.}}=16$; 5 – шестірня з ділильним діаметром $d_5=102\text{мм}$; 6 – циліндричне зубчасте колесо з ділильним діаметром $d_6=1790\text{мм}$. Відповідно до технічного завдання штатний момент ний низькооборотний електродвигун ДБН-185-16-0,3-2 замінений недорогим асинхронним електродвигуном 1 з частотним керуванням, електромагнітним гальмом та інкрементальним енкодером.

При цьому для забезпечення заданого діапазону швидкостей обертання по осі АЗ застосована додаткова понижуюча зубчаста передача 2, яка з'єднана з планетрним редуктором 4 глухою зубчастою муфтою 3.

В штатній конструкції приводу азимутального для усунення мертвого ходу (бокового зазору) в зубчастій передачі 5-6, який безпосередньо передається на вісь АЗ і тому найбільш суттєво впливає на точність відпрацювання кутів наведення по цій осі, застосований спеціальний люфтовибираючий торсіонний механізм з електромагнітним фрикційним гальмом і два конічних редуктори. Такий механізм суттєво ускладнює конструкцію приводу, збільшує його вартість і, як показує практика, має не надто високу надійність. В розробленій конструкції функцію люфтовибираючого механізму виконують два абсолютно ідентичних приводи, що обертають зубчасте колесо 6 (див. рис. 1.1). Ці приводи працюють паралельно і синхронно. Проте оскільки абсолютно ідентичних механізмів не буває, то, як показує практика, крутні моменти і втрати на тертя (ККД) обох приводів хоч не значно, але будуть відрізнятись. Тоді завдяки різниці крутних моментів на шестірнях 5 обох приводів будуть вибиратись бокові зазори (мертвий хід) в зубчастому зачепленні між двома шестірнями 5 та зубчастим колесом 6. Фактично два приводи по осі АЗ, які працюють паралельно, виконують крім усього іншого ще й функцію люфтовибираючого механізму.

Принцип роботи даного пристрою полягає в тому що оператор вносить необхідні дані в систему блоку керування, які надалі оброблюється центральним процесором, після обробки введених даних центральний процесор відправляє керуючий сигнал виконавчим пристроям таким як:

- Незалежним вентиляторам які забезпечують охолодження електродвигунів;

- Електромагнітних гальм які перешкоджають вільному руху дзеркала антени в стані спокою під дією вітрових навантажень;
- Асинхронним електродвигунам які забезпечують рух даної конструкції;
- Інкрементальним давачам кута повороту які встановлені на валах електродвигунів які в свою чергу забезпечують даними про швидкість обертання валів електродвигунів.

Після того як керуючий сигнал надійшов до електродвигунів вони вмикаються і за допомогою вихідних валів передають обертовий рух на вал додаткової понижуючої зубчастої передачі яка в свою чергу передає обертовий рух через планетарний редуктор на циліндричне зубчасте колесо яке призводить в рух дзеркало антени по осі азимуту.

1.3 Основні кінематичні та силові розрахунки

1.3.1 Кінематичний розрахунок приводу

Кінематична схема механізму приводу азимутального показана на рис. 1.3.

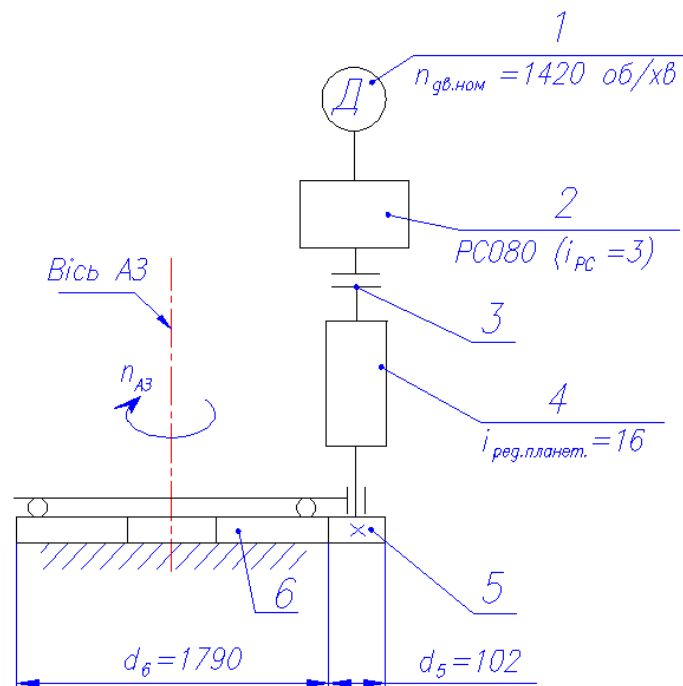


Рисунок 1.3 - Кінематична схема механізму приводу азимутального

Згідно з технічною документацією на ОПП АС «Кристал 5», основні кінематичні характеристики штатних вузлів і механізмів, які використовуються в спроектованому приводі і не піддаються модернізації, наступні:

- 4 - редуктор планетарний двоступінчастий з передатним відношенням $i_{\text{ред.планет.}}=16$;
- 5 - шестірня циліндрична прямозуба з модулем $m=6$ мм і ділільним діаметром $d_5=102$ мм;

— 6 - колесо циліндричне прямозубе з модулем $m=6$ мм і ділільним діаметром $d_6=1790$ мм.

В процесі модернізації, максимальну швидкість наведення по осі АЗ можливо збільшити до $n_{АЗmax}=15$ град/с = 2,5об/хв. Мінімальна швидкість наведення по осі АЗ складає $n_{АЗmin}=4'/с = 0,011$ об/хв.

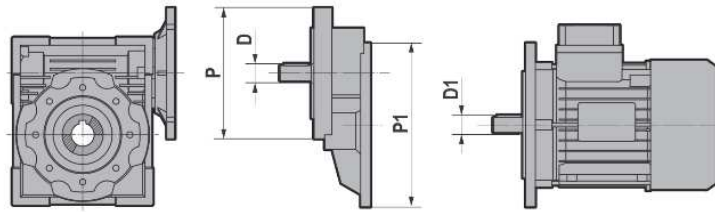
В якості двигуна приводу АЗ застосовано асинхронний 4-ри полюсний електродвигун з номінальною швидкістю обертання $n_{дв.ном} = 1420$ об/хв (із врахуванням ковзання) при частоті струму живлення 50 Гц. Такі електродвигуни добре піддаються частотному регулюванню швидкості обертання в діапазоні 75...1 Гц, а при застосуванні давача кута повороту вала (інкрементального енкодера) ці границі регулювання можна суттєво розширити. Знайдемо необхідне передатне відношення додаткового редуктора 2 з умови забезпечення максимальної швидкості обертання по осі АЗ $n_{АЗmax}=2,5$ об/хв. Прийmemo, що на двигун при цьому буде подаватись напруга живлення з частотою 75 Гц і він буде обертатись із швидкістю $n_{дв(75)} = 1420 \frac{75}{50} = 2130$ об/хв. Загальне передатне відношення приводу азимутального

$$i_{АЗ\ заг} = \frac{n_{дв(75)}}{n_{АЗ\ max}} = i_{цил56} \cdot i_{ред.планет.4} \cdot i_{ред.дод.2}$$

Звідси

$$i_{ред.дод.2} = \frac{n_{дв(75)}}{n_{АЗ\ max} \cdot i_{цил56} \cdot i_{ред.планет.4}} = \frac{2130}{2,5 \cdot 17,55 \cdot 16} = 3,03$$

В якості додаткового редуктора 2 застосовуємо змінний модуль PC080 фірми «Motovario» з передатним відношенням $i_{PC080} = 3$



	P1/D1	P/D	(P/D)	~ Kg
PC 063	63B5 - 140/11	105/11	(105/14)	1,6
PC 071	71B5 - 160/14	120/14	(120/19)	2,3
PC 080	80B5 - 200/19	160/19	(160/24) (160/28)	4
PC 090	90B5 - 200/24	160/24	(160/19) (160/28)	4

Рисунок 1.4 – Приєднувальні розміри модуля PC080 фірми «Motovario»

Загальне передатне відношення приводу азимутального при застосуванні модуля PC080:

$$i_{A3 \text{ заг}} = i_{\text{цил56}} \cdot i_{\text{ред.планет.4}} \cdot i_{PC080} = 17,55 \cdot 16 \cdot 3 = 842,4$$

Знайдемо, при якій частоті струму живлення буде забезпечена мінімальна швидкість наведення по осі A3 $n_{A3 \min} = 4'/c = 0,011 \text{ об/хв}$. Швидкість обертання електродвигуна при цьому буде рівна:

$$n_{\text{дв. min}} = n_{A3 \text{ min}} \cdot i_{A3 \text{ заг}} = 0,011 \cdot 842,4 = 9,3 \text{ об/хв}$$

Таку швидкість електродвигун буде мати при частоті струму живлення:

$$f_{min} = 9,3 \cdot \frac{50}{1420} = 0,33 \text{ Гц}$$

В табл. 1.2 приведені деякі кінематичні характеристики приводу азимутального ОПП АС «Кристал 5».

Таблиця 1.2 - Деякі кінематичні характеристики приводу азимутального ОПП АС «Кристал 5»

Максимальна швидкість обертання по осі АЗ	$n_{АЗmax}$	15град/с
Мінімальна швидкість обертання по осі АЗ	$n_{АЗmin}$	4'/с
Загальне передатне відношення приводу азимутального	$i_{АЗ заг}$	842,4
Передатне відношення циліндричної передачі 5-6	$i_{цил56}$	17,55
Передатне відношення планетарного редуктора 4	$i_{ред.планет.4}$	16
Передатне відношення додаткового редуктора РС080 (2)	$i_{РС080}$	3

Швидкості обертання модернізованого приводу азимутального ОПІ АС «Кристал 5» по осі АЗ при різній частоті струму живлення асинхронного електродвигуна приведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Швидкості обертання по осі АЗ модернізованого приводу при різній частоті струму живлення

Частота струму живлення в Гц	80	75	50	25	1	0,5	0,33
Швидкість обертання вала двигуна в об/хв	2272	2130	1420	710	28,4	14,2	9,3
Швидкість обертання по осі АЗ в об/хв	2,71	2,53 (15,2 ⁰ /с)	1,68	0,84	0,034	0,017 (6,1'/с)	0,011 (3,96'/с)

1.3.2 Силовий розрахунок приводу

Основні дані для розрахунку отримані з технічної документації на ОПП АС «Кристал 5» приведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Основні дані для силового розрахунку

Максимальна швидкість обертання по осі АЗ	n_{AZmax}	15град/с
Мінімальна швидкість обертання по осі АЗ	n_{AZmin}	4'/с
Максимальне прискорення по осі АЗ	ϵ_{AZ}	5град/с ²
Загальне передатне відношення приводу азимутального	$i_{AZ заг}$	842,4
Сумарна вага всіх рухомих вузлів антени	$G_{ант}$	20000 Н
Вага дзеркала антени діаметром 5 м	$G_{дз}$	8700 Н
Вага зубчастого сектора разом з приводом кутомісним	$G_{сект}$	3500 Н

Розрахункова схема для силового розрахунку приводу азимутального показана на рис.1.5.

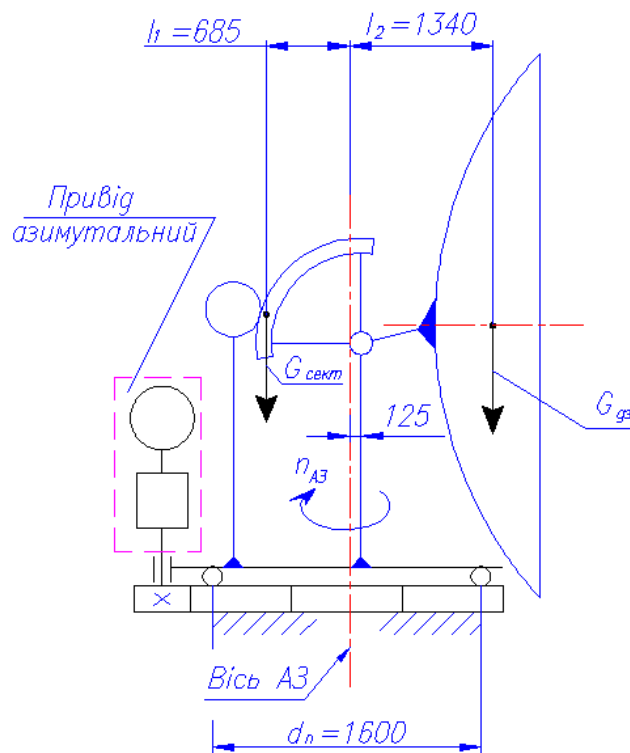


Рисунок 1.5 - Розрахункова схема приводу азимутального

Мінімальний розрахунковий момент на валу електродвигуна приводу азимутального (АЗ) $M_{дв.мін.р}$, необхідний для наведення антени по осі АЗ із заданими параметрами (швидкість, прискорення), дорівнює моменту опору всіх протидіючих сил приводу, приведених до валу електродвигуна $M_{оп.пр}$ і визначається як сума всіх протидіючих моментів (моментів опору), приведених до валу електродвигуна: статичних моментів (сил тертя в опорах) $M_{ст}$; динамічних моментів (сил інерції) $M_{дин}$; вагових моментів (від вагових навантажень) $M_{ваг}$; аеродинамічних (від вітрових навантажень) $M_{аер}$.

$$M_{дв.мін.р} = M_{оп.пр} = M_{ст.пр} + M_{дин.пр} + M_{ваг.пр} + M_{аер.пр}$$

Статичний момент в даному випадку дорівнює моменту тертя $M_{тр.опори}$ в роликовому упорному підшипнику діаметром $d_{п}=1,6$ м і розраховується по формулі:

$$M_{тр.опори} = F_a \cdot f_A \cdot \frac{d_n}{2} = 20000 \cdot 0,03 \cdot \frac{1,6}{2} = 480 \text{ Нм},$$

де $F_a=20000$ Н – осьове навантаження на підшипник, яке дорівнює сумарній вазі всіх рухомих вузлів антени, які обертаються по осі АЗ;

$f_A=0,03$ – коефіцієнт тертя кочення для роликових упорних підшипників.

Із врахуванням передатного відношення приводу азимутального від осі АЗ до вала електродвигуна $i_{АЗ\ заг} = 842,4$ приведений до валу електродвигуна статичний момент навантаження

$$M_{ст.пр} = \frac{M_{тр.опори}}{i_{АЗ\ заг}} = \frac{480}{842,4} = 0,57 \text{ Нм}$$

При обертанні антени з прискоренням $\epsilon_{АЗ}$ проявляється динамічний момент навантаження $M_{дин}$. Приведений до валу електродвигуна динамічний момент розраховується по формулі:

$$M_{дин.пр} = I_{\Sigma пр} \cdot \epsilon_{АЗ},$$

де $I_{\Sigma np}$ – приведений до валу електродвигуна сумарний момент інерції всіх рухомих мас азимутального приводу. В першому наближенні можна прийняти:

$$I_{\Sigma np} = 1,5 \cdot I_{рот.дв} + \frac{I_{дз} + I_{сект} + I_o}{i_{A3 заг}^2}$$

Тут $I_{рот.дв}$ - момент інерції ротора електродвигуна. Поскільки конкретний типорозмір електродвигуна ще не вибраний, то приймаємо середнє значення моменту інерції роторів 4-ри полюсних асинхронних електродвигунів з електромагнітним гальмом потужністю від 0,5 до 1,5 кВт:
 $I_{рот.дв} \approx 35 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

$I_{дз}$ – момент інерції дзеркала відносно осі АЗ. Прийmemo масу дзеркала антени зосередженою в одній точці на відстані $l_2=1340$ мм від осі АЗ (див. рис.1.5).

Тоді

$$I_{дз} = \frac{1}{2} \cdot \frac{G_{дз}}{g} \cdot (l_2)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{8700}{10} \cdot 1,34^2 = 781 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$I_{сект}$ - момент інерції зубчастого сектора разом з приводом кутомісним відносно осі АЗ. По аналогії з дзеркалом антени прийmemo, що маса сектора зосереджена в одній точці на відстані $l_1=685$ мм від осі АЗ.
Тоді

$$I_{сект} = \frac{1}{2} \cdot \frac{G_{сект}}{g} \cdot (l_1)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{3500}{10} \cdot 0,685^2 = 82,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

I_o - момент інерції решти рухомих частин антени при їх обертанні відносно осі АЗ. Прийmemo їх у вигляді суцільного диска вагою $G_o = G_{ант} - G_{сект} = 20000 - 3500 - 8700 = 7800$ Н і діаметром $d=2$ м. Момент інерції такого диска

$$I_o = \frac{1}{2} \cdot \frac{G_o}{g} \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{7800}{10} \cdot \left(\frac{2}{2}\right)^2 = 390 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Приведений до валу електродвигуна сумарний момент інерції всіх рухомих мас:

$$I_{\Sigma np} = 1,5 \cdot 35 \cdot 10^{-4} + \frac{781 + 82,1 + 390}{842,4^2} = 0,007 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Динамічний момент на валу електродвигуна:

$$M_{дин.пр} = 0,007 \cdot 0,087 = 0,0006 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Ваговий момент $M_{ваг}$ для даної розрахункової схеми буде рівний $M_{ваг} = 0$.

Аеродинамічний момент створюється вітровим навантаженням і розраховується по формулі:

$$M = a_m \frac{\rho \cdot (V_0)^2}{2} S,$$

де $\rho=1,225$ - густина вітрового потоку, при температурі 15°C;

$V_0=15$ м/с – середня швидкість вітру;

S – площа «затемнення», визначається діаметром дзеркала антени;

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi * 5^2}{4} = 20 \text{ м}^2$$

$a_m=0,2725$ – аеродинамічний коефіцієнт, що визначається експериментально продувкою виробу в аеродинамічній трубі.

$$M = 0,2725 * \frac{1,225 \cdot (15)^2}{2} 20 = 751 \text{ Нм}$$

$$M_{aep.np} = \frac{M_{aep}}{i_{A3\text{ заг}}} = \frac{751}{842,4} = 0,89 \text{ Нм}$$

Момент опору всіх протидіючих сил, приведений до валу електродвигуна, рівний:

$$M_{on.np} = 0,57 + 0,0006 + 0,89 = 1,46 \text{ Нм}$$

1.3.3 Розрахунок електро-механічного приводу

Мінімальна розрахункова потужність електродвигуна визначається по формулі:

$$N_{\text{дв. min. p}} = \frac{M_{\text{он. np}} \cdot \omega_{\text{дв}}}{\eta_{\text{АЗзаг}}}$$

де $\omega_{\text{дв}}$ – номінальна кутова швидкість ротора електродвигуна,

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{\pi \cdot 1420}{30} = 148,6 \text{ рад/с};$$

$\eta_{\text{АЗзаг}}$ – загальний коефіцієнт корисної дії (ККД) приводу азимутального.

$\eta_{\text{АЗзаг}}$ розраховується по формулі:

$$\eta_{\text{АЗзаг}} = \frac{1}{k_t} (\eta_{\text{цил}} \cdot \eta_{\text{планет}} \cdot \eta_{\text{PC080}}) = \frac{1}{3} (0,97 \cdot 0,94 \cdot 0,98) = 0,3,$$

Тут $k_t=3$ – температурний коефіцієнт, що враховує загушення мастил при мінусових температурах; $\eta_{\text{цил}} = 0,97$ – ККД циліндричної зубчастої передачі; $\eta_{\text{планет}} = 0,94$ – ККД планетарного редуктора; $\eta_{\text{PC080}} = 0,98$ – ККД додаткового одноступінчастого редуктора PC080.

Мінімально необхідна розрахункова потужність електродвигуна:

$$N_{\text{дв.мін.р}} = \frac{1,46 \cdot 148,6}{0,3} = 723,2 \text{ Вт}$$

В якості електродвигуна приводу азимутального прийнятий асинхронний 4-ри полюсний електродвигун ТВ80В4FM з фланцевим кріпленням (В5), потужністю 0,75 кВт, з номінальною швидкістю $n_{\text{дв}}=1420$ об/хв і номінальним крутним моментом $M_{\text{дв.ном}}= 5$ Нм, з електромагнітним гальмом що живиться постійним струмом з незалежним підключенням (FM) (каталог фірми «Motovario»). Приєднувальні розміри і технічні характеристики електродвигуна приведені на рис. 1.6 та рис. 1.7.

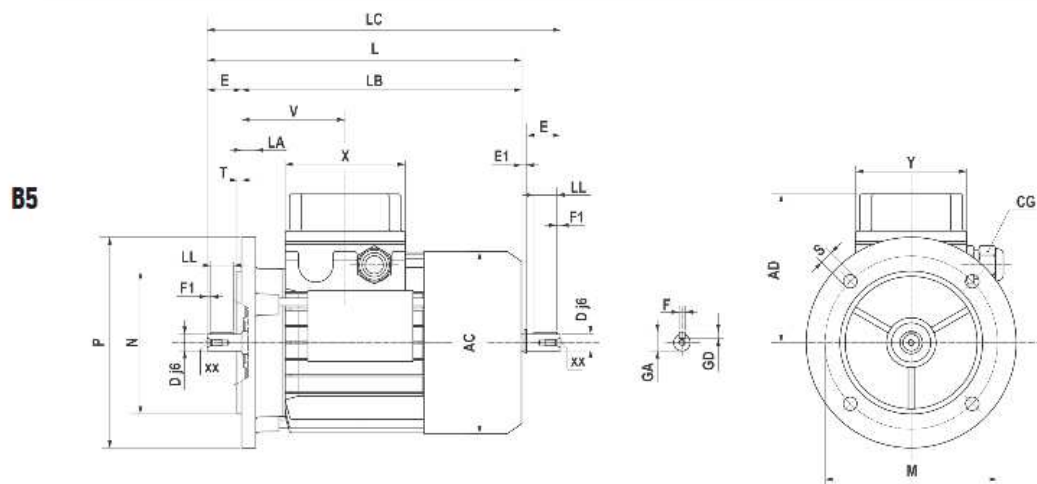


Рисунок 1.6 – Габаритні та приєднувальні розміри електродвигуна
ТВ80В4FM

	AC	AD	L	LB	X	Y	V	LC	Estremità albero Shaft end Extrémité de l'arbre Wellenende Extremo del árbol 軸端						Linguetta Key Clavette Passfeder Chaveta 鍵			Pressacavo Cable gland Presse-étoupe Verschraubung Prensaestopas 電纜夾套		
									D	E	E1	xx	F1	GA	F	GD	LL	CG	Ø cavo dia. hollow Ø câble Ø Kabel Ø cable 中空直徑 min max	
63	121	103,5	211	188	80	74	69	235,5	11 j6	23	1,5	M4x10	2,5	12,5	4	4	15	M16x1,5	5	10
71	139	112	238,5	208,5	80	74	74,5	271	14 i6	30	2,5	M5x12,5	3	16	5	5	20	M20x1,5	6	12
80	158	121,5	272,5	232,5	80	74	78	314	19 j6	40	1,5	M6x16	5	21,5	6	6	30	M20x1,5	6	12
90S	173	129,5	298 (323)*	248 (273)*	98	98	89,5	349,5 (374,5)*	24 j6	50	1,5	M8x19	5	27	8	7	35	M25x1,5	13	18
90L	173	129,5	323	273	98	98	89,5	374,5	24 j6	50	1,5	M8x19	5	27	8	7	35	M25x1,5	13	18
100	191	138,5	368	308	98	98	97,5	431,5	28 j6	60	3,5	M10x22	7,5	31	8	7	45	M25x1,5	13	18
112	210,5	153,5	382,5	322,5	98	98	100	447	28 j6	60	3,5	M10x22	7,5	31	8	7	45	M25x1,5	13	18
132S	248,5	195	452	372	118	118	115,5	536,5	38 k6	80	4	M12x28	10	41	10	8	60	M32x1,5	18	25
132L	248,5	195	490	410	118	118	115,5	574,5	38 k6	80	4	M12x28	10	41	10	8	60	M32x1,5	18	25
160S	248,5	195	520	410	118	118	115,5	-	42 k6	100	-	M16x36	10	45	12	8	90	M32x1,5	18	25

B5	M	N	P	LA	S	T
63	115	95	140	10	9	3
71	130	110	160	10	9,5	3,5
80	165	130	200	12	11	3,5
90	165	130	200	12	11	3,5
100	215	180	250	15	14	4
112	215	180	250	14,5	14	4
132	265	230	300	20	14	3,5
160	300	250	350	13	18,5	3,5

Рисунок 1.7 – Габаритні та приєднувальні розміри електродвигуна
TB80B4FM

4 Poli / 4 Pole / 4 Pôles / 4 Pole / 4 Polos / 4 极

400V 50Hz

P _n [kW]	Taglia Size Taille Größe Tamaño 规格	n _n [rpm]	I _n [A]	M _n [Nm]		η% (4/4) limite limit limite Grenzwert limite 規格	η% (4/4)	η% (3/4)	η% (2/4)	cosφ _n	$\frac{M_2}{M_n}$	$\frac{I_2}{I_n}$	$\frac{M_{max}}{M_n}$	1) J _T [10 ⁻⁴ *kgm ²]	2)	1) W _T [Kg]	2)	Z _s [10 ³ *1/h]	M _s [Nm]
0,75	80B4	1430	1,79	5,0	IE2	79,6	79,6	79,7	75,8	0,76	3,0	5,8	3,2	31,8	33,4	11,6	15,1	7,1	15
1,1	90S4	1430	2,53	7,3	IE2	81,4	81,5	81,7	77,9	0,77	3,2	5,7	3,2	36,7	38,6	15,1	18,6	5,0	13
1,5	90L4	1420	3,5	10,1	IE2	82,8	82,8	82,4	79,3	0,75	3,5	5,9	3,5	38,4	41,9	16,3	21,9	4,0	26
2,2	100LA4	1430	5,0	14,7	IE2	84,3	84,3	84,7	83,3	0,75	3,0	5,7	3,2	76,3	80,5	24	31	3,2	40
3	100LB4	1430	6,8	20	IE2	85,5	85,5	85,8	84,2	0,75	3,1	5,7	3,2	88,9	92,7	26	32	3,2	55
4	112M4	1450	8,5	26,3	IE2	86,6	87,0	87,2	85,7	0,78	3,2	6,8	3,4	137	146	32	42	2,5	60
5,5	132S4	1460	11,1	36	IE2	88,0	88,0	88,4	87,3	0,81	2,6	6,5	3,1	288	298	47	57	1,8	100
7,5	132M4	1460	15,2	49	IE2	88,8	88,8	89,2	88,0	0,80	2,7	6,7	3,2	388	411	59	73	1,2	150

Рисунок 1.8 – Технічні характеристики електродвигуна TB80B4FM

Для надійної роботи при малих швидкостях обертання (забезпечується частотним регулюванням) на валу електродвигуна додатково змонтований інкрементальний енкодер.

Враховуючи, що привід ОПП АС «Кристал 5» навколо осі АЗ здійснюється двома ідентичними механізмами приводу (див. рис. 1.2) і, відповідно, двома електродвигунами, що працюють паралельно, отримаємо двократний запас по потужності.

2 ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА МОДЕЛЮВАННЯ

2.1 Постановка задачі

Математичне моделювання — метод дослідження процесів або явищ шляхом створення їхніх математичних моделей і дослідження цих моделей.

Задачі, розв'язувані системою, що стежить за дотриманням певної робочої характеристики на заданому рівні, зводяться до забезпечення зміни регульованої координати у відповідності з керуючим впливом, що надходить на вхід системи. У найпростішому випадку слідкуючу систему можна розглядати як підсилювач потужності, якість роботи якого характеризується точністю відтворення регульованою координатою керуючого впливу. Передача руху від виконавчого механізму до навантаження здійснюється за допомогою механічної передачі. У малопотужних слідкуючих системах, у більшості випадків можна вважати, що вали і зубчасті колеса мають нескінченно велику твердість, а використання спеціальних пристроїв, наприклад розрізних шестерень, цілком виключає можливість появи зазорів. У механічних передачах систем великої потужності неминуча поява пружних деформацій і зазорів у зубчастих зачепленнях. Зазоровибираючі пристрої в ряді випадків використовують і в системах великої потужності. Однак це завжди зв'язано зі значним ускладненням конструкції і збільшенням статичних моментів. Вплив зазорів і пружних деформацій на якість роботи системи збільшується з ростом моменту інерції навантаження.

Крім того в багатьох слідкуючих системах, наприклад, у системах радіотехнічних засобів (антенні установки), маніпуляторів, стрічкопротягувальних пристроїв і т.і., момент інерції робочого інструмента має змінний характер і залежить або від значення власної регульованої координати, або від регульованої координати системи, що переміщає навантаження щодо інших осей. Істотний вплив на динамічні властивості системи можуть робити момент сухого тертя в опорах валів, сальниках, зубчастих зачепленнях; момент в'язкого тертя, спричинений, наприклад, опором руху зубчастих коліс у масляній ванні; аеродинамічний момент, обумовлений опором повітряного середовища руху робочого інструмента. При цьому зазначені моменти носять розподілений характер.

Часто при розв'язанні практичних задач доцільно використовувати кілька виконавчих двигунів, що працюють безпосередньо на загальний вал або через механічний диференціал. Це істотно ускладнює кінематичну схему механічної передачі. Із сказаного випливає, що механічна передача і навантаження являють собою складну нелінійну динамічну систему з розподіленими і змінними параметрами. При аналізі і синтезі слідкуючих систем, а також при визначенні їхніх енергетичних параметрів доцільно виділити механічну передачу і навантаження в окремий елемент — об'єкт регулювання. При визначенні енергетичних параметрів системи момент інерції обертових частин виконавчого механізму зручно віднести до моменту інерції обертових частин механічної передачі. Отже, надалі під об'єктом регулювання будемо розуміти сукупність навантаження і механічної передачі.

Головним завдання дослідження є аналіз кінематики двохосьової антенної системи. Для цього ми будемо використовувати бібліотеку SimMechanics.

Бібліотека SimMechanics оперує не з сигналами, а з механічними зусиллями. Входи блоків задають «посадочні місця» відповідних

механізмів. Відповідно до третього закону Ньютона, зв'язку між «входами» і «Виходами» не можна розглядати як односпрямовані. Ці зв'язки служать для передачі силових впливів, якими обмінюються частини механізму або механізми між собою. У зв'язку з цим для позначення входів і виходів SimMechanics стрілки не використовуються.

Моделювання механічних систем і пристроїв здійснюється на основі законів кінематики, фізики та механіки. Основною метою моделювання механічних систем з допомогою бібліотеки SimMechanics є виявлення характеру руху різних частин механізмів і машин (як в площині, так і в просторі) відносно один одного в тій чи іншій системі координат. При цьому враховуються різні види зв'язку між окремими об'єктами і характер їх руху відповідно з тими чи іншими обмеженнями.

Бібліотека SimMechanics підтримує засоби анімації для демонстрації роботи механізмів в динаміці. Анімація будується на основі засобів Microsoft Audio Video Interleave® (AVI) і її відео файли мають розширення .avi. Підтримуються і засоби OpenGL, зокрема при рендерингу тривимірних об'єктів і поверхонь. Віртуальні вимірювальні засоби, такі як осцилограф і графічний пристрій, підтримуються в моделях (діаграмах) цього пакета.

2.2 Розробка математичної моделі об'єкту дослідження

В даний момент часу і для даного положення системи нам відомо положення і орієнтація об'єкта, які задаються в нерухомій системі координат O_a координатами x_a, y_a, z_a і кутами Ейлера $\phi_a, \Theta_a, \varphi_a$. Через ці параметри встановлюється матриця зв'язку між нерухомою системою O_a і системою координат O_M , пов'язаної з центром M робочого тіла механізму:

$$A_M = M_M(x_a, y_a, z_a, \phi_a, \Theta_a, \varphi_a), \quad (2.1)$$

Цей зв'язок також можна встановити через локальні системи координат механізму:

$$A_M = M_{ab}(q_1)M_{bc}(q_2) \dots M_{(n-1)n}(q_n)M_{nM} = M_M(q_1, q_2, \dots, q_n), \quad (2.2)$$

Прирівнявши матриці (2.2), отримаємо систему рівнянь для визначення функцій положення механізму:

$$q_j = q_j(x_a, y_a, z_a, \phi_a, \Theta_a, \varphi_a), j=1, \dots, n, \quad (2.3)$$

У підсумку маємо дев'ять рівнянь, але незалежних рівнянь буде n (за кількістю узагальнених координат).

Далі описано два способи вирішення задачі аналізу кінематики двохосової антени - за допомогою бібліотеки SimMechanics і за допомогою принципів матричних рівнянь з порівнянням результатів.

Описуваний електромеханічний модуль двохосьової антени входить до складу бортової радіолокаційної станції, що працює в ультракороткохвильовому діапазоні.

На кінематичній схемі, наведеній на рис. 1, обертання відбивача щодо двох осей OY і OZ здійснюється через жорстку дугу. Дуга пов'язана з відбивачем через нерухоме кільце, на якому встановлені опори ковзання, що забезпечують рухливість відбивача навколо осі OY . Для рухливості системи навколо осі OZ дугу встановлюють в підшипниковий вузол, що складається з чотирьох пар опор кочення.

Передача обертальних рухів від двигунів до відбивача здійснюється через шатуни. Кожен шатун являє собою систему важелів, з'єднаних шарніром. Ведучий важіль сполучений з двигуном і трансформатором в єдиному корпусі і на одному валу. Об'єднання цих елементів в єдиний багатофункціональний модуль дозволяє виключити з системи паразитні передачі, додаткові вали. Ведені важелі з'єднані з відбивачем за допомогою двовісних карданів.

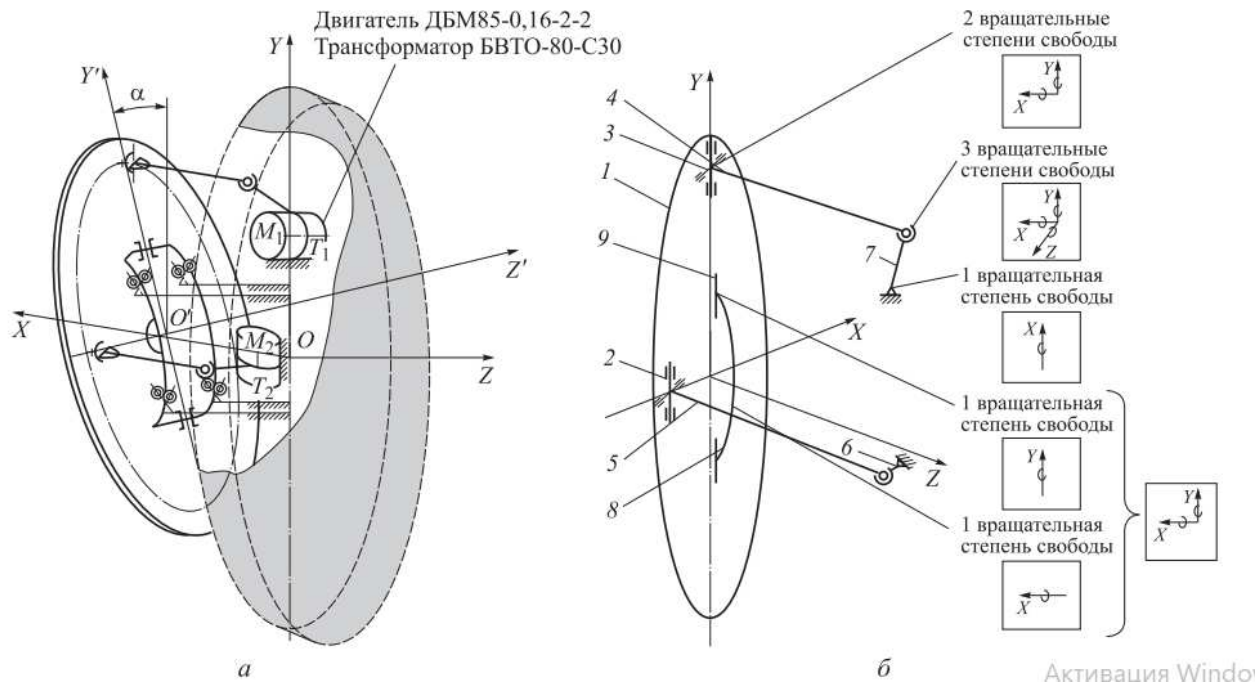


Рисунок 2.1 - двохосьова антена: а - функціональна схема; б - кінематична схема; 1 - відбивач; 2, 3 - двоосні кардани; 4, 7 і 5, 6 – система важелів, з'єднаних попарно сферичним шарніром (4, 5 - тяги); 8 - опорна дуга; 9 – вісь

Рух веденої ланки відбивача 1 (рис. 2.1, б) включає два обертальні рухи навколо осі X (кутомісна вісь) та Y (азимутальна вісь). Рух реалізується за рахунок двох двоовісних карданів 2, 3, мають дві обертальні ступені свободи щодо осей Y і X . Керуючий вплив від двигуна до відбивача 1 передається через систему важелів 4, 7 і 5, 6, з'єднаних попарно сферичним шарніром, який має три ступеня вільності (обертання навколо осей X , Y і Z). Кардани 3 і 4 забезпечують ступені вільності для руху тяг 4 і 5. Ступені вільності для відбивача 1 забезпечуються щодо осі Y осями 9, а щодо осі X - опорною дугою 8 (на рис. 2.1 зображена умовно). При моделюванні центральна розв'язка була перетворена в один блок з двома відповідними ступенями вільності. Він був розташований в геометричному центрі відбивача 1.

Як об'єкт механіки розглянутий прилад являє собою пристрій з паралельною кінематикою, що має два однотипних (паралельних) важільних привода. Пристрій складено з п'яти ланок: кардани (4-го класу), два сферичних шарніра (3-го класу) і два плоских шарніра (5-го класу) (див. Рис. 2.1, б), з'єднаних кінематичними парами, три з яких є шарнірами. Така структура механізму забезпечує два незалежні ступені вільності. Зворотнообертальний рух підводиться до вертикально і горизонтально розташованих кривошипів. Структурна модель SimMechanics двохосьової антени показана на рис. 2.2. Група блоків 1 задає гравітаційні сили, прикладені до центру координат, в якому розташований центр відбивача, а також формують геометрію відбивача; група блоків 2 визначає положення тяги в системі координат відбивача, їх з'єднання за допомогою двохвісного кардана; група блоків 3 визначає положення шатуна щодо початку координат і його спосіб з'єднання з тягою; група блоків 4 визначає з'єднання шатуна з двигуном; група блоків 5 імітує роботу двигуна.

Анімована модель SimMechanics двохосьової антени і кадр з відеофайлу, який демонструє характер руху механічної системи, представлені на рис. 2.3, а. Використання в моделі (див. Рис. 2.2) блоків JointSensor дозволяє виміряти різні характеристики відносного руху частин механізму (кутові положення його елементів, кутову і лінійну швидкості, кутовий прискорення) і інші параметри.

Нижче наведено дослідження руху двохосьової антени аналітичним методом. Для зв'язування параметрів відхилення відбивача φ_{1x} і φ_{1y} і відповідних кутових положень кривошипів φ_{3x} і φ_{5y} (Див. Рис. 2.1, б, поз. 7 і б) необхідно скласти безперервні кінематичні зв'язки-залежності по лініях двох важільних приводів.

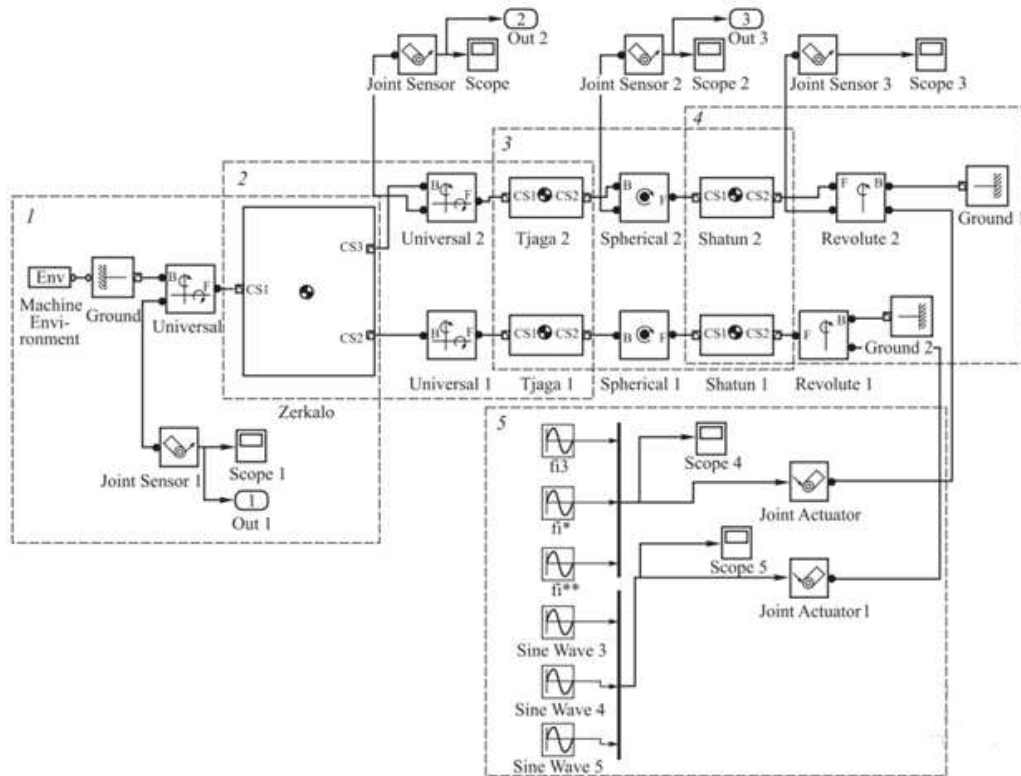


Рисунок 2.2 - Структурна модель SimMechanics двохосьової антени: 1-група блоків Machine Environment, Ground, Universal, Zerkalo; 2 - група блоків Zerkalo, Universal2, Tjaga1; 3 - група блоків Tjaga1, Spherical, Shatun1; 4 - група блоків Shatun1, Revolute, Ground1; 5 - група блоків JointActuator, SineWeve

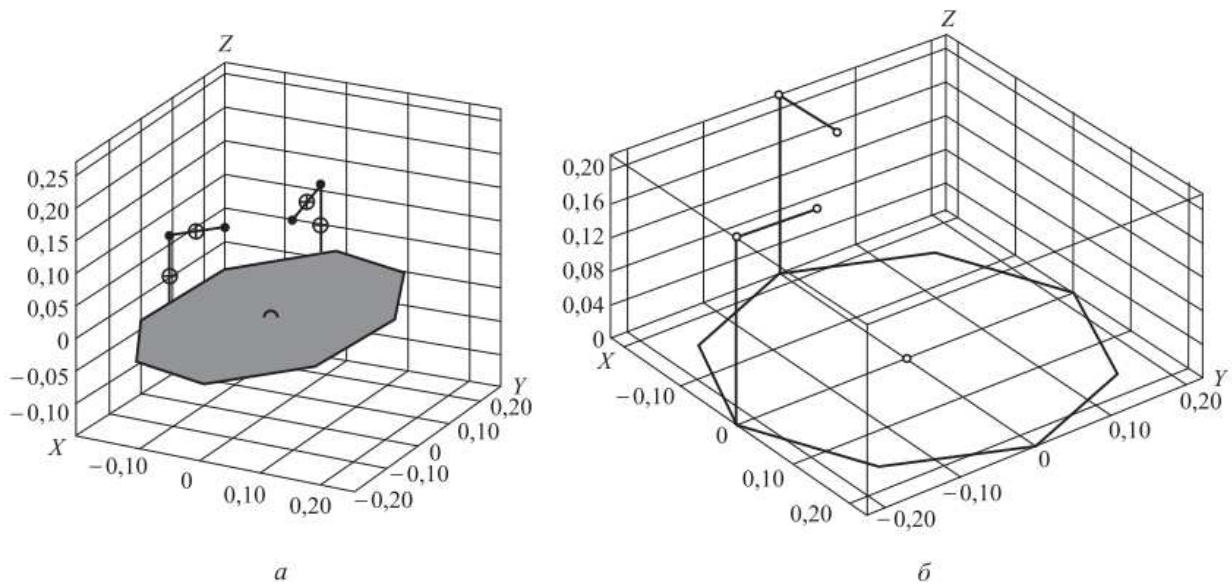


Рисунок 2.3 - Результати роботи: а - анімована модель SimMechanics;
б - аналітичне рішення

Для цієї мети використовується математичний апарат покрокового матричного координатного переходу від системи, пов'язаної з відбивачем, до систем, пов'язаних з кривошипами. Початок нерухомою (глобальної) координатної системи розташоване в центрі відбивача. Шарніри карданів, що з'єднують відбивач з приводними важелями, розташовані на осі Y і X , тому в даному випадку можна не повертати координати щодо осі Z на зазначені шарніри. Всього для зв'язування координат необхідно провести по 10 однокрокових переходів по кожній з двох ліній приводу. При цьому кожна лінія дає п'ять змінних величин (всі кутові) і п'ять конструктивно відомих (т. Е. Const) величин, чотири з яких - це поступальні зміщення вздовж важелів і один - кут налаштування площині монтажу шарніра кардана.

Y -важіль викликає обертання навколо осі X - кутомісного положення відбивача:

$$A_x(\varphi_x) A_y(x_5) A_{dy}(-l_3) A_x(x_4) A_y(x_3) A_{dz}(l_2) \times A_y(x_2) A_x(x_1) A_z(\varphi_{z4}) A_{dx}(-l_1) r - r_g = 0, \quad (2.4)$$

де

$$r = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{vmatrix}, \quad (2.5)$$

радіус-вектор центру відбивача в його системі координат.

X - важіль викликає обертання навколо осі Y - кутомісного положення відбивача:

$$A_y(\varphi_y) A_x(x_{11}) A_{dx}(l_5) A_z(x_{10}) A_y(x_9) A_{dz}(l_4) \times A_x(x_8) A_y(x_7) A_z(\varphi_{z4}) A_{dx}(-l_1) r - r_g = 0, \quad (2.6)$$

За допомогою рівнянь (2.4), (2.5) можна знайти не більше шести невідомих, отже, систему необхідно доповнити рівняннями, пов'язаними з кутами повороту відбивача φ_{lx} і φ_{ly} . Для цього використовують вирази (2.4) і (2.6), доповнені двома однокроковими матрицями повороту відбивача $A_x(\varphi_{lx})$ і $A_y(\varphi_{ly})$. Шість рівнянь проєкцій радіус-вектора, чотири рівняння зв'язку орта осі Z відбивача і два рівняння для орта осі X (або Y) представляють собою 12 рівнянь, що забезпечують знаходження 12 невідомих. Запишемо зазначені матричні рівняння для орта осі Z:

$$[A_x(-x_6) A_y(-x_{12}) A_x(\varphi_x) A_y(x_5) A_x(x_4) \times A_y(x_3) A_y(x_2) A_x(x_1) A_z(\varphi_{z2}) - I] e_z = 0; \quad (2.7)$$

$$\begin{aligned} & [A_x(-x_6)A_y(-x_{12})A_y(\phi_y)A_x(x_{11})A_z(x_{10}) \times \\ & \times A_y(x_9)A_x(x_8)A_y(x_7)A_z(\phi_{z4}) - I]e_z = 0, \end{aligned} \quad (2.8)$$

де I - одинична матриця 4×4 ;

$$e_z = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{vmatrix}, \quad (2.9)$$

- орт осі Z в системі координат відбивача. Два матричних рівняння для орта осі X і Y відрізняються від (2.7) і (2.8) тільки ортом e_x (замість e_z).

У рівняннях (2.4) - (2.8) заданими є кутові положення приводних кривошипів ϕ_{x3} і ϕ_{y5} , а шуканими x_6 і x_{12} - кутові положення рефлектора. Букви « x », « y », « z » в індексі матриць означають вісь повороту системи координат; а буква « d » - поступальний зміщення координат; l_n - довжина n -го типу важеля ланки; r_v , r_g , - радіус-вектор центру відбивача в системі вертикального і горизонтального кривошипа.

Розв'язання системи з 12 рівнянь визначить положення кожного елемента двохосової антени. Нульове положення механічної системи показано на рис. 2.3, б.

Далі наведено порівняння математичної і структурної моделі SimMechanics. Основними параметрами для порівняння роботи моделей було прийнято положення відбивача щодо осей X і Y , і вхідний кут відхилення шатунів. Кутові положення задаються рівними для кожного шатуна від 0 до 40° .

На малих кутах відхилення шатунів при наявності двох ступенів вільності відбувається суміщення кривих, що характеризують відхилення відбивача по осях X і Y (рис. 2.4, а). У структурній моделі SimMechanics розбіжність кутів відхилення відбивача інтенсивно наростає після 17° .

Той же результат дає математична модель (рис. 2.4, б). максимальна розбіжність між середніми значеннями даних з двох моделей (рис. 2.4, в) $\Delta_{\max} \approx 31'$ розбіжності даних двох моделей з'являється і монотонно зростає при відхиленні шатунів більш ніж на 25° .

На підставі отриманих результатів можна зробити висновок про відповідність аналітичного рішення і імітаційної моделі, створеної за допомогою бібліотеки SimMechanics. Максимальна розбіжність результатів склала $\Delta_{\max} \approx 31'$ в діапазоні положень шатунів $0 \dots 40^\circ$ при інтенсивно наростаючій розбіжності після 25° на шатунах.

Варто зазначити, що положення шатуна, рівне 15° , є граничним для двохосової антени по технічним завданням.

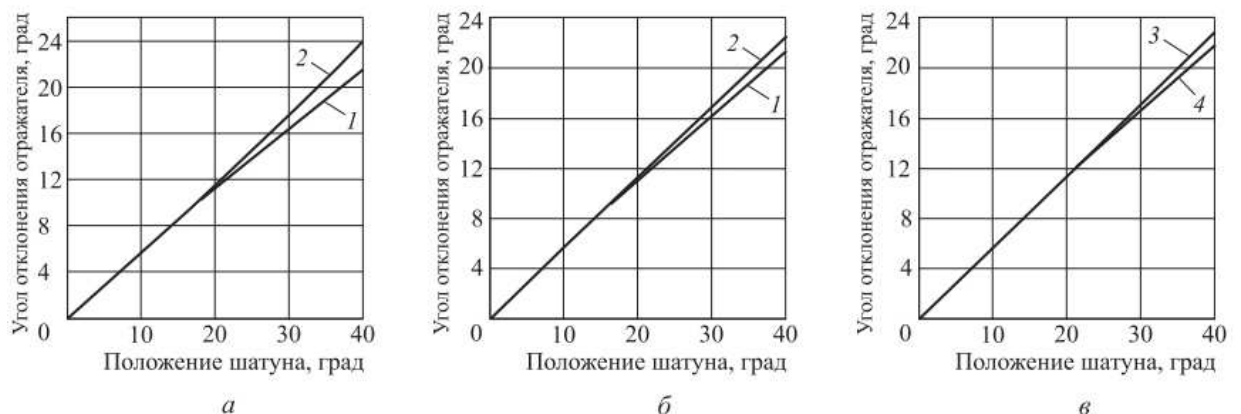


Рисунок 2.4 – Результати порівняння роботи структурної і математичної моделі: а - структурна модель; б - аналітична модель; в – середні значення положень структурної і математичної моделей; 1 – положення відбивача по осі X; 2 – положення відбивача по осі Y; 3 - середні значення положень відбивача структурної моделі; 4 – середні значення положень відбивача аналітичної моделі

3 ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА САПР

3.1 Розроблення структурної та функціональної схем системи вимірювання і керування для спроектованого пристрою

Структурна схема це схема для визначення основних функціональних частин виробу, їх взаємозв'язки та призначення. Під функціональною схемою розуміють складову частину схеми: елемент, пристрій, функціональну групу, функціональну ланку

Структурна схема призначена для відображення загальної структури пристрою, тобто його основних блоків, вузлів, частин та головних зв'язків між ними. Із структурної схеми повинно бути зрозуміло, навіщо потрібний даний пристрій і як він працює в основних режимах роботи, як взаємодіють його частини.

Для створення структурної схеми необхідно розділити нашу загальну систему блока керування кутомісним приводом на блоки детальне розміщення блоків структурної схеми зображено на (рис.3.1).

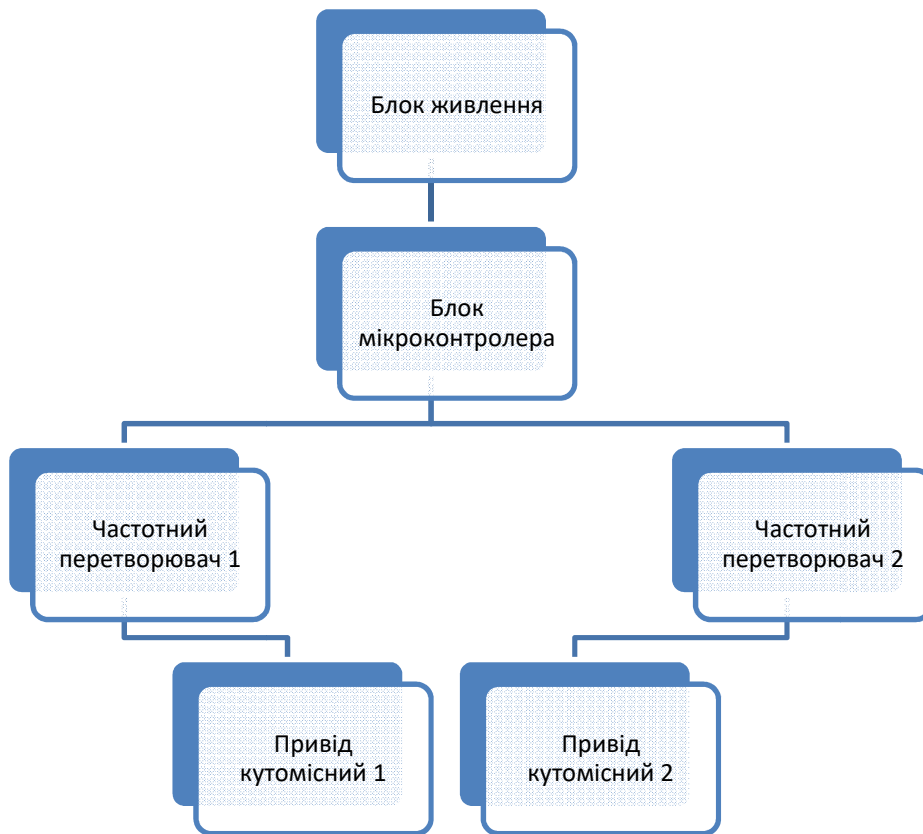


Рисунок 3.1 – Структурна блок-схема схеми керування кутомісним приводом

Наглядно функціональна схема представлена на (рис. 3.2)

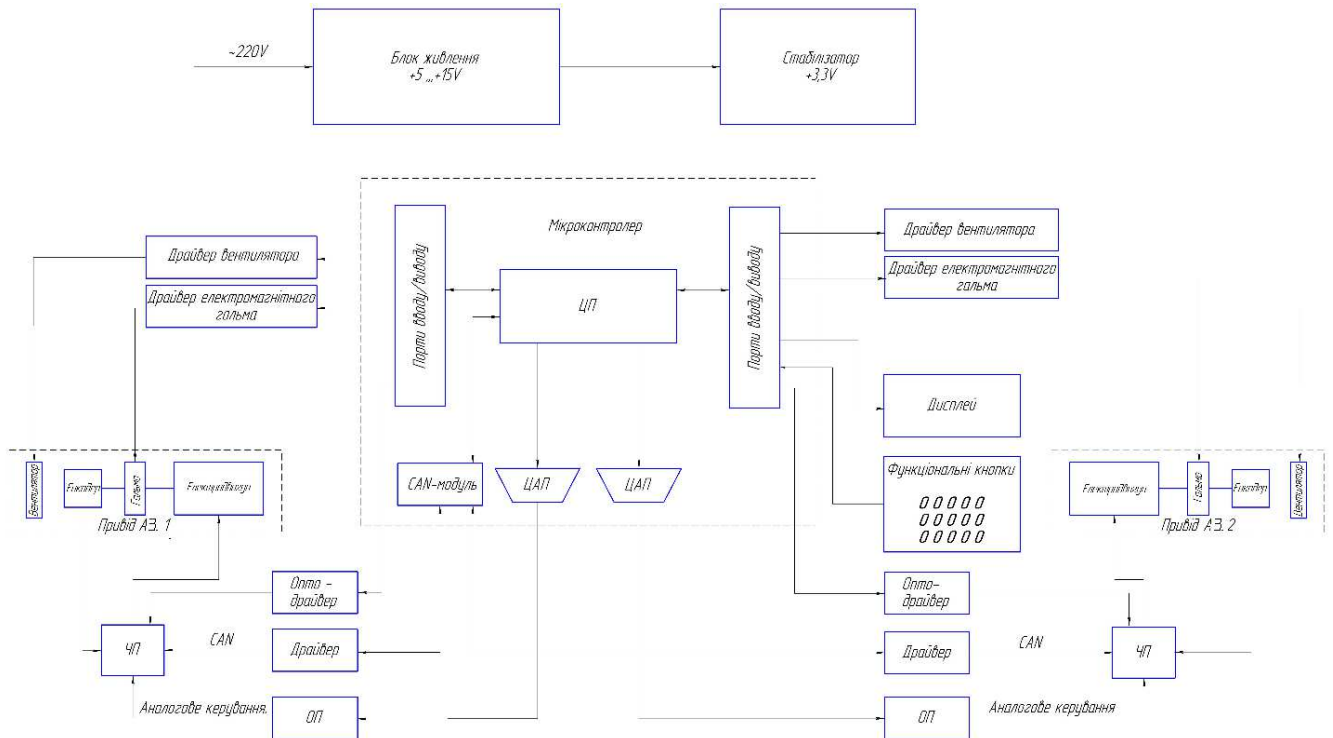


Рисунок 3.2 Схема керування азимутальним приводом.

Принцип роботи функціональної схеми:

Загальне керування блоком приводу полягає у формуванні команди керування для частотних перетворювачів а також керуванням електромагнітним гальмом і вентилятором.

Мікроконтролер виробляє керуючу дію на порті вводу/виводу відповідні команди які поступають на драйвер вентилятора та драйвер електромагнітного гальма. Драйвер вентилятора комутує напругу для забезпечення частоти обертання вентилятора охолодження електроприводу. Драйвер електромагнітного гальма подає напругу на електромагніти гальма для розблокування валу електроприводу.

Частотний перетворювач для більш точного керування частотою обертання електродвигуна використовує покази енкодера.

Частотний перетворювач приймає команди аналогового керування і цифрові сигнали через оптодрайвер. Також є можливість керувати частотою обертання електроприводу через шину CAN.

Для графічного відображення параметрів роботи електроприводу використовується дисплей. Функціональні кнопки призначені для встановлення параметрів і вибору режиму роботи.

3.2 Розроблення принципової електричної схеми системи вимірювання і керування для спроектованого пристрою

3.2.1 Вибір елементної бази

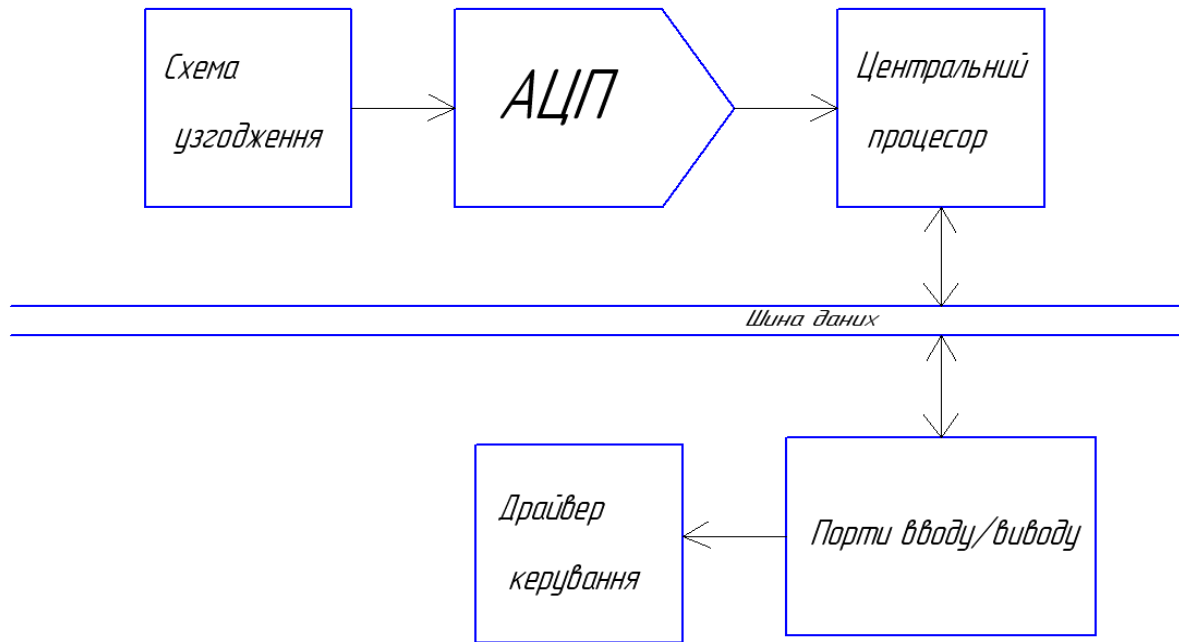


Рисунок 3.3 Структура модульного процесора.

Будуємо структурну схему керування виконавчим пристроєм без зворотного зв'язку.

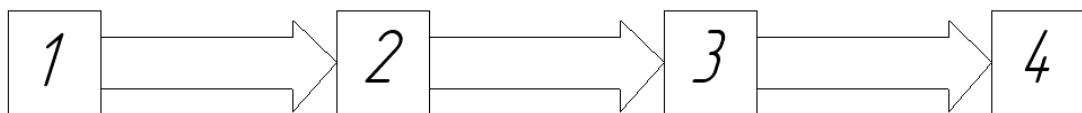


Рисунок 3.4 – Структурна схема керування виконавчим пристроєм без зворотного зв'язку.

- 1 – центральний процесор;
- 2 – порт виводу контролера;

3 – драйвер керування;

4 – виконавчий пристрій.

Опис роботи: Центральний процесор (1) виробляє керуючі сигнали, які через порт виводу мікроконтролера (2) подаються на драйвер керування (3), драйвер в свою чергу виробляє команди для керування виконавчим пристроєм (4).

Опис найважливіших компонентів:

1. Мікроконтролер STM32F103xx performance life VFQFPN36 pinout

Пристрої STM32F10xxx Cortex-M3 є високоефективними 32-х розрядними процесорами, спроектованими для ринку мікроконтролерів. Вони надають істотні переваги розробникам, включаючи:

- Високу продуктивність в комбінації з швидкою обробкою переривань
 - Вдосконалену систему налагодження з великими можливостями установки контрольних точок і трасування
- Ефективні ядро процесора, система і пам'ять
- Дуже мале споживання потужності з вбудованим режимом сну.
- Безпечну платформу

Характеристики мікроконтролера STM32F103

- Ядро ARM 32-bit Cortex-M3
- Максимальна частота 72МГц
- 64Кб Флеш пам'яті для програм
- 20Кб SRAM пам'яті
- Живлення 2.0 ... 3.3В
- 2 x 12-біт АЦП (0 ... 3.6В)
- DMA контролер
- 37 входів / виходів до 5В
- 4 16-розрядних таймери

- 2 watchdog таймери
- I2C – 2 шини
- USART – 3 шини
- SPI – 2 шини
- CAN
- USB 2.0 full-speed interface
- RTC – вбудований годинник

2. Драйвер керування електромагнітним гальмом і незалежним вентилятором МОС3063+ВТА12 600 (рис. 3.5)

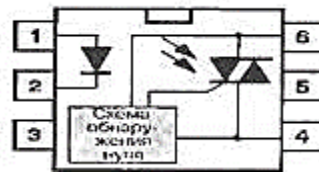


Рисунок 3.5 Будова оптодрайвераМОС3063

Оптроні МОС3061, МОС3062, МОС3063 представляють собою ідеальний елемент для оптичної гальванічної розв'язки (ізоляції) низьковольтної керуючої частини схеми і силового тиристорного ключа. Вони розраховані на напругу між низьковольтною та високовольтною частинами 7500 В. Максимальна напруга в закритому стані 600 В. Їх конструктивне виконання дозволяє забезпечити відстань між доріжками низьковольтної та високовольтної частин на друкованій платі відповідно до стандартів США, Євросоюзу, Росії та інших країн. Так що вони підходять для використання в схемах комутації напруги.

Так як ми використовуємо змінний струм то доцільно використати в схемі сімістори ВТА12 600 (рис 3.6)

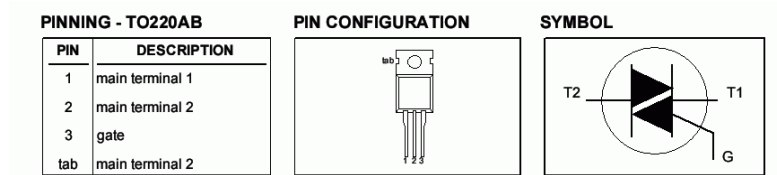


Рисунок 3.6 Будова симістора ВТА12 600

Симістор це напівпровідниковий прилад який використовується для комутації в ланцюгах змінного струму, він розглядається як керований вимикач, для того щоб наш контролер не вийшов з ладу через велику напругу ми використаємо оптичне розділення.

3.2.2 Розрахунок номіналів елементів

Схему підключення оптодрайвера зображено на (рис. 3.7)

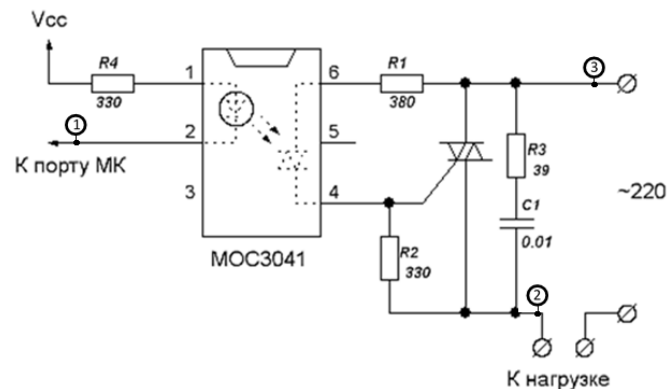


Рисунок 3.7 Схеми підключення оптодрайвера
MOC3063+ВТА12 600

Номінали пасивних елементів і конденсатора взято з **datasheet** даної схеми.

Дисплей WH1602 зображено на (рис. 3.8)

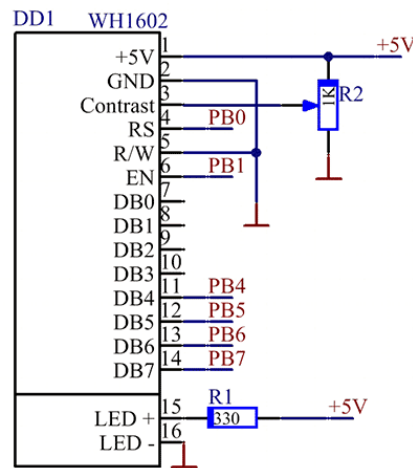


Рисунок 3.8 Дисплей WH1602

Обмежуючий резистор R1 призначений для підсвіткимоноітора а R2 для регулювання контрасту екрану

Номінали пасивних елементів і конденсатора взято з **datasheet**. даної схеми.

3.2.3 Бюджет живлення розробленої схеми

Таблиця 3.1 Споживання струму системою +3,3V

Споживач	Струм, А	К-сть	Всього
Мікроконтролер STM32F1103C3T6	0,15	1	0,150
Інтерфейс CAN SN65HVD230D	0,048	1	0,048
DC/DCПеретворювач MC33063AD	0,1	1	0,100
Регулятор напруги LM1117IMPX-3.3	0,02	1	0,020
LCD Дисплей WH1602	0,1	1	0,100
Резистори	0,002	25	0,050
Конденсатори	0,002	21	0,042
Діод SS26	0,002	1	0,002
Світлодіод LED	0,015	1	0,015
Кварцовий резонатор 8MHz	0,01	1	0,010
			0,000
Всього			0,537
Потужність			1,772
Потужність LDO			3,759

Таблиця 3.2 Потужність сжеми і ККД

Споживач	Струм, А	К-сть	Всього
3,3	0,537	1	0,537
Всього			0,537
Потужність			6,444
U, V			12,0
Потужність стабілізатора			4,7
К.К.Д.			28%

3.2.4 Процедура калібрування

Калібрування— комплекс дій, що проводяться під час регулювання та періодичного підтвердження градуювальних характеристик контрольно-вимірювального приладу чи системи вимірювання спеціально для того, щоб встановити кореляцію (залежність) між показаннями приладу та кінцевим (що має бути повідомленим) результатом. Під час калібрування повинна бути мінімізована систематична похибка та встановлена точність контрольно-вимірювального приладу чи системи вимірювання. Зазвичай, калібрування контрольно-вимірювального приладу проводиться на еталонному матеріалі з використанням добре охарактеризованого матеріалу. Результат калібрування може записуватися в документ, що називається сертифікатом калібрування, і, деколи, відображається як фактор калібрування чи набір факторів калібрування, наприклад, у формі кривої калібрування. Процес калібрування повинен включати оцінку похибки калібрування.

В даному випадку калібрування положення по азимуту дзеркала антени буде відбуватися за такою послідовністю:

1. Встановлюємо дзеркало антени в нульове положення початку координат.
2. На пульті курування обнуляємо координати антени.
3. Тестуємо роботу системи керування, вказуючи координати системі і слідкуємо за положенням дзеркала антени.

4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1 Розрахунок затрат на виготовлення автоматизованої системи дослідження процесу зношування циліндричних зразків

Затрати на виготовлення нової автоматизованої системи за розрахунковий період визначається за формулою

$$Z_{вн} = \sum_{t=t_n}^{t_k} Z_{нвт} \cdot K_{нпт}$$

де $Z_{вн}$ – поточні витрати на виробництво нової автоматизованої системи в t -му році, вимагаючи амортизаційні відрахування:

$K_{нпт}$ – коефіцієнт пропорційності:

t_k – кінцевий рік розрахункового періоду:

t_n – перший рік розрахункового періоду.

Оскільки проектується нова автоматизована система, що впроваджується у виробництво, то коефіцієнт приведення $K_{нпт}=1$. Тоді формула приймає вигляд

$$Z_{вн} = \sum_{i=1}^n Z_{нвi}$$

де $Z_{нвi}$ – поточні витрати по варіантах калькуляційних статей.

Розрахуємо поточні витрати конкретно для кожної калькуляційної статі.

Затрати на сировину і матеріали розраховуються на основі норм їх витрат за формулою.

$$H_3 = \sum_{i=1}^n H_{Mi} \cdot C_{Oi}$$

де H_3 —затрати на сировину та матеріали:

H_{Mi} – норма затрат на сировину та матеріали на автоматизовану систему:

N – кількість найменувань сировини та матеріалів, з яких виготовляється автоматизована система.

Із визначеної суми затрат вираховується величина поверхневих відходів. Їх розмір можна прийняти на рівні 2-3% від затрат сировини і матеріалів, розрахованих за нормами витрат. До отриманого результату слід додати транспортно-заготівельні затрати на рівні 6-10% преїскурантної ціни.

Таблиця 4.1 - Визначення величини затрат на сировину матеріалу

Назва матеріалу	Одиниця виміру	Норма витрат	Ціна грн/кг	Затрати сировини і матеріалів грн	Транспортно-заготівельні затрати грн	Загальна сума затрат грн
Сталь 10	кг	133	36	4788	478	5266
Сталь 40Х	кг	220	34	7480	748	8228
Сталь 45	кг	27	199,5	5386,5	538	5924,5
Сталь 30Х	кг	14	79,3	1110,2	111	1221,2
Загально				18764,7		20639,7

Розрахунок вартості купованих напівфабрикатів, деталей і виробів проводиться таким чином

$$K_{HD} = \sum_{i=1}^n H_i C_{Hi}$$

де K_{HD} —вартість купованих напівфабрикатів і деталей, що входять в автоматизовану систему;

H_i — кількість i -тих купованих напівфабрикатів і деталей, що входять в автоматизовану систему;

C_{Hi} —оптова ціна одиниці i -тих купованих напівфабрикатів і деталей, що входять в автоматизовану систему.

Розрахована вартість купованих деталей і напівфабрикатів збільшується на величину транспортно-заготівельних витрат в розмірі до 6-10% від преїскурантної вартості.

Таблиця 4.2 - Розрахунок затрат на куповані напівфабрикати і деталі

Найменування комплектуючої	К-тьшт т	Ціна грн/шт	Сума грн.	ТЗВ грн.	Загальні затрати грн.
1	2	3	4	5	6
Болт М12 х 20 ГОСТ 7798-70	16	4,68	74,8	7,4	82,2
Болт М12 х 18 ГОСТ 7798-70	16	4,45	71,2	7,1	78,3

1	2	3	4	5	6
Гвинт М10 х 35 ГОСТ 11074-93	26	4,2	109,2	10,9	120,1
Гайка М10 ГОСТ11074-93	26	1,5	39	3,9	42,9
Гайка М10 ГОСТ5916-70	2	1,5	3	0,3	3,3
Шайба 10 ГОСТ 11371-78	2	0,8	1,6	0,16	1,76
Двигун АИР 63В2Е ГОСТ 17494-87	2	3945,1	7890,2	789,02	8679,22
Редуктор NMRV 130	2	13777	27554	2755	30309
Редуктор РС 080	2	3180	6360	636	6996
Інкрементальний енкодер	2	2728,9	5457,8	545	6002,8
Незалежний вентилятор	2	500	1000	100	1100
Частотний регулятор Lenze 8200	2	12735,2 3	25470,4	2547	28017,4
Загально					81434,78

Затрати енергії на технологічні цілі розраховуються за формулою

$$Z_{ET} = \sum_{i=1}^n H_{ei} \cdot T_{ei}$$

де Z_{em} —затрати на енергію, яку використовують в технологічних цілях;

H_{ei} —норма витрат i -го виду енергії на виготовлення одної автоматизованої системи;

T_{ei} —тариф за одиницю витрат i -тих видів енергії;

n —кількість видів енергії.

$$H_{ei}=200\text{кВт};$$

$$T_{ei}=0,9\text{гр/кВт};$$

$$Z_{em}=180\text{гр}.$$

Затрати на основну заробітну плату робітників, зайнятих виготовленням автоматизованої системи, визначається по трудомісткості виготовлення деталей по всіх видах робіт, величину тарифних ставок відповідних розрядів та процент доплат, що входять до основної зарплати робітників.

$$Z_o = \sum_{i=1}^n T_i \cdot TC_i \cdot K_o$$

де T_i –трудомісткість i -тих видів робіт по виготовленню автоматизованої системи;

TC_i –величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розряду i -тих робіт;

K_o –коефіцієнт доплат, що входять до основної заробітної плати;

n –кількість видів робіт.

Таблиця 4.3 - Розрахунок трудомісткості робіт

Перелік візлів, що виготовл.	Трудомісткість робіт, нормо-годин.				
	Заготівельних	Механічних	Складальних	Контрольних	Фарбувальних
Вал-шестірня	0,4	32	1	0,25	-
Фланець	0,3	4,6	1,2	0,05	0,2
Втулка	0,16	2,6	0,4	0,05	0,15
Кришка	0,2	4	1,2	0,05	0,2
Разом	1,46	43,2	4,3	0,4	0,55

Величина тарифної ставки, яка відповідає середньому тарифному розряду i -тих видів робіт визначається так:

$$TC_i = TC_1 * TK_o$$

де TC_1 – величина тарифної ставки першого розряду;

TK_c – середній тарифний коефіцієнт.

Враховуючи особливості виробництва приймаємо середній тарифний коефіцієнт 1,24. Тоді по формулі отримаємо:

$$TC = 1762 * 1,24 = 2184,88 \text{ (коп)}$$

Коефіцієнт доплат, що входять до основної зарплати, визначаються за даними заводу, який виготовляє запроєктована автоматизована система або аналог.

В укрупнених розрахунках він може прийматись рівним 1,35-1,40. По формулі отримаємо

$$Z_o = 0,9225 * 56,2 * 1,4 = 1,4 \text{гр.}$$

Додаткова зарплата виробничих робітників розраховується в процентах до основної заробітної плати за даними заводу-виробника. В укрупнених розрахунках вона може прийматись на рівні 10-11%.

$$Z_d = 1,4 * Z_o = 1,4 * 70 = 98 \text{гр.}$$

Відрахування у фонди соціального страхування (18%), пенсійний фонд (22%) військовий збір (1,5%) визначаються в процентах до всієї зарплати виробничих робітників і становлять 37,5%.

До затрат на підготовку і освоєння виробництва відносять затрати на проектування, розробку технологічного процесу. Проектування інструменту і технологічного оснащення, вартість виробів, які використовуються як взірці та інше. Визначаємо затрати на підготовку і освоєння виробництва виходячи із структури витрат відповідних статей.

Чисельність працівників, зайнятих технічною підготовкою виробництва визначається за формулою

$$ЧП_T = \frac{T_{ТП}}{Б_ч \cdot K_{ВН}}$$

де $T_{ТП}$ – трудомісткість технічної підготовки виробництва;

$Б_ч$ – плановий річний бюджет часу одного працівника;

$K_{ВН}$ – коефіцієнт виконання норм часу працівника.

Плановий річний бюджет часу працівника становить 1850год. Коефіцієнт виконання норм часу приймаємо рівним.

$$T_{ТП} = 4381,2 + 1106,7 = 5487,9$$

$$ЧП_T = \frac{5487,9}{1850 \cdot 1.1} = 2,69$$

Сума зарплати працівників за окладом

$$ЗП_o = \sum_{i=1}^k O_i \cdot ЧП_{Ti} \cdot 12$$

де O_i – розмір місячних окладів i -тих категорій працівників;

$ЧП_{Ti}$ – чисельність i -тої категорії працівників;

k – кількість категорій груп працівників.

$$ЗП_o = 120 * 3 * 2,69 + 140 * 2,69 * 3 = 2098 \text{гр.}$$

Величина основної та додаткової зарплати працівників

$$ЗП_{од} = ЗП_o * (1 + K_д)$$

$K_д$ – коефіцієнт додаткової зарплати працівників, приймаємо $K_д = 0,1$.

$$ЗП_{од} = 2098 * (1 + 0,10) = 2307 \text{гр.}$$

Величина затрати на підготовку і освоєння виробництва нової автоматизованої системи визначається за формулою

$$З_{nn} = \frac{ЗП_{од} \cdot 100}{ЗП_{нв}}$$

де $ЗП_{не}$ – питома вага основної і додаткової зарплати на підготовку і освоєння виробництва автоматизованої системи аналогу, процентів;

$$ЗП_{не}=30\%$$

$$З_{nn} = \frac{2307 \cdot 100}{30} = 7690 \text{гр.}$$

В одиничному і дрібносерійному виробництві затрати на підготовку і освоєння виробництва повністю виключаються з собівартості з собівартості автоматизованої системи.

Сума затрат на утримання і експлуатацію обладнання розраховується в процентах до основної затрати робітників. В укрупнених розрахунках проценти перерахованих затрат можна взяти на рівні:

- затрати на утримання і експлуатацію обладнання – 200%;
- цехових затрат – 160%;
- заводських затрат – 210%.

$$З_{ye} = 3_o * 2 = 70 * 2 = 140 \text{гр.}$$

$$З_{ц} = 3_o * 1.6 = 70 * 1.6 = 112 \text{гр}$$

$$З_з = 3_o * 2.1 = 70 * 2.1 = 147 \text{гр.}$$

Інші виробничі та позавиробничі затрати розраховуються в процентах до заводської собівартості. Значення цих процентів визначається за даними заводів виробництв автоматизованих систем. Вони можуть бути прийняті на рівні 1-2%.

Таблиця 4.4 - Розрахункові поточні витрати

Калькуляційні статі	Сума затрат по варіантах	
	Базовий	Проектний
Сировина і матеріали за виключенням відходів	25783,54	20639,7
Куповані напівфабрикати та деталі	90483,3	81434,78
Паливо та енергія на технологічні цілі	493	368
Основна і додаткова зарплата робітників	77	77
Нарахування на зарплату	28,87	28,87
Витрати на підготовку та освоєння виробництва	126	115
Витрати на утримання і експлуатацію автоматизованої системи	280,70	140
Цехові витрати	195,60	112
Загальні заводські витрати	215,36	147
Поза виробничі витрати		9,40
Повна собівартість	117683,37	103071,75

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці

5.1.1 Характеристика небезпечних зон обладнання і заходи безпеки при роботі

Сучасні машинобудівні заводи обладнані самими різними видами технологічного обладнання. Його використання полегшує працю людини, робить її продуктивнішою. Однак в ряді випадків робота цього обладнання пов'язана з виробничою небезпекою, тобто можливістю дії на працюючих небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Основними вимогами, які ставляться з точки зору охорони праці при проектуванні машин і механізмів, є: безпека для здоров'я та життя людини, надійність, зручність експлуатації.

Безпечна робота виробничого обладнання забезпечується правильним вибором принципів його дії, кінематичних схем, конструктивних рішень, робочих тіл, параметрів робочих процесів, використанням різних захисних засобів.

Зовнішні контури захисних засобів повинні вписуватись в контури основного обладнання. Необхідно старатись, щоб ці захисні засоби дозволяли вирішувати декілька задач одночасно і по можливості конструктивно суміщались з машинами і агрегатами, являючись їх складовою частиною. При наявності в агрегатів електроприводу останній повинен бути виконаний в відповідності з Правилами побудови електричних установок.

Надійність машин і механізмів визначається ймовірністю порушення нормальної роботи обладнання. Такого роду порушення можуть стати причиною аварій і, в кінцевому результаті, травм.

Велике значення в забезпеченні надійності роботи машин і механізмів має наявність необхідних контрольно-вимірювальних приладів і пристроїв автоматичного керування і регулювання.

При відмові автоматики надійність роботи технологічного обладнання визначається ефективністю дій осіб, які його обслуговують. Однак це, в свою чергу, залежить від того, в яких умовах проходить робота людей, чи відповідають ці умови можливостям людського організму. Тому виробниче обладнання повинно проектуватись з врахуванням фізіологічних і психологічних можливостей людини, а також з врахуванням його антропологічних даних. Врахування останніх також необхідно і при організації робочого місця. Всі види технологічного обладнання повинні бути зручними для огляду, змащування, розбирання, наладки, прибирання, транспортування, встановлення і керування ними в роботі.

Небезпечна зона – це простір, в якому діють постійно або виникають періодично фактори, які є небезпечними для життя або здоров'я людини.

Небезпечна зона локалізована в просторі навколо будь-яких рухомих елементів, ріжучого інструменту, оброблюваних деталей, планшайб, зубчастих, пасових і ланцюгових передач, зубчастих зачеплень, робочих столів верстатів, підйомно-транспортних машин, вантажів і т. п. В всіх вказаних випадках присутня небезпека травмування осіб, які обслуговують обладнання, рухомими частинами останнього. Особлива небезпека виникає в випадку, коли можливий захват одягу або волосся працюючого робочими частинами обладнання.

Наявність небезпечної зони може бути пов'язано з небезпекою ураження електричним струмом, з дією теплових, електромагнітних та іонізуючих випромінювань, а також з дією шуму, вібрації, ультразвуку, шкідливих парів, газів, пилу, з можливістю травмування відлітаючими частинами матеріалу заготовки та інструменту при обробці, з вилітанням оброблюваної деталі через погане її закріплення або поломки.

Габарити небезпечної зони в просторі можуть бути постійними (зона між пасом і шківом і т. п.) і перемінним (прокатне поле прокатних станів, зона різання при зміні характеру обробки, параметрів обробки, ріжучого інструменту і т. п.).

При проектуванні технологічного обладнання в машинобудуванні і його експлуатації необхідно враховувати застосування пристроїв, які або виключають можливість контакту людини з небезпечною зоною, або знижують небезпеку контакту. Такого роду пристроями є засоби захисту працюючих, використовувані для попередження або зменшення впливу на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Засоби захисту у відповідності ГОСТ12.4.011-75 “Средства защиты работающих. Классификация” класифікуються на дві великі групи:

- а) колективні, які забезпечують безпеку виробничого обладнання;
- б) індивідуальні, які забезпечують безпеку виробничих процесів.

Всі використовувані в машинобудуванні захисні засоби можна розділити на наступні основні групи: огорожувальні, запобіжні, блокуючі, сигналізуючі, а також системи дистанційного керування машинами і спеціальні пристрої.

Огорожувальні пристрої – засоби захисту, які обмежують доступ людини в небезпечну зону. Їх поділяють на три основні груп: стаціонарні (нез'ємні), рухомі (з'ємні) і переносні.

Запобіжні захисні засоби призначені для автоматичного відключення агрегатів і машин при відхиленні якого-небудь параметру, який характеризує режим роботи обладнання, за межі допустимих значень.

Сигнальні пристрої – це засоби інформації про роботу технологічного обладнання, а також про небезпечні і шкідливі фактори, які при цьому виникають. По призначенню системи сигналізації поділяють на три групи: оперативна, попереджувальна і опізнавальна. По методу інформації розрізняють сигналізацію: звукову, візуальну, комбіновану (світло-звукову) і одоризаційну (по запаху).

Аналізуючи проектувану установку виділяються наступні небезпечні зони:

а) електродвигун, електро-пневморозподільвачі і блок керування – можливість ураження електричним струмом;

б) пневмоциліндри, електро-пневморозподільвачі та блок підготовки повітря – можливість вириву шлангів, створення шуму при вихлопі повітря;

в) випромінююча частина – виникає можливість травмування в моменти проведення лазерного зварювання;

г) електродвигун та вал, який їх з'єднує, кінематичні пари – створюють небезпеку обертовими рухами, так як виникає можливість намотування одягу і травмування.

Для виключення можливості ураження електричним струмом в установці використано захисне заземлення струмопровідних частин. Черв'ячні редуктори і кінематичні пари гвинт-гайка виконані в корпусах, які закривають їх рухомі елементи. Тип і метод кріплення електродвигуна закривають його вал від випадкового дотику рукою, одягом чи іншими речами.

Для виключення попадання людини в інші небезпечні зони доцільно використати стаціонарну огорожу по обидві сторони установки з попереджувальними знаками згідно ГОСТ 12.4.026-76.

Відстань між огорожею і установкою вибрана в залежності від довжини контрольованих труб так, щоб при рухові труби вона не могла травмувати працівників.

Пульт керування та індикації зроблено дистанційним для збільшення зручності роботи оператора і виключення необхідності його перебування в небезпечній зоні.

5.1.2 Розрахунок плавкої вставки електродвигуна

В системах електрозабезпечення можуть виникати режими, які характеризуються електричними, механічними, тепловими навантаженнями нормального режиму роботи. При значному перевантаженні електричних приладів струмами або при короткому замиканні, виділяється велика кількість теплової енергії, яка загрожує збереженню працездатності установки і можливості виникнення пожежі.

Основним видом аварій в системах електрозабезпечення, являється коротке замикання, через це апарат відключення повинен бути обладнаний відповідною відключаючою функцією. В вигляді таких апаратів можуть застосовуватися плавкі запобіжники НП (низької напруги), автоматичні вимикачі, та ін.

По застосованих апаратах системи електричного захисту в електропровідниках можуть розділитись на дві групи:

- 1) захист плавкими запобіжниками;
- 2) автоматичними вимикачами.

Характерною величиною для плавкого запобіжника являється його номінальний струм, який запобіжник повинен витримувати невизначно довгий час не перегораючи.

Плавкий запобіжник повинен надійно захищати проводи установки від небезпечної перегрузки, а також він повинен витримувати короточасні імпульси струму при запусках двигунів. Через це при виборі запобіжника необхідно знати не тільки номінальний струм навантаження лінії, але і її характер.

Якщо лінія живить двигуни, то за основу для вибору запобіжника потрібно брати середнє значення пускового струму двигуна. Тривалість пускового процесу часто складає біля 5 – 10 сек, на протязі цього часу запобіжник повинен витримувати струм, більший за його номінальне I_n значення приблизно в 2,5 рази.

Отже номінальний струм плавкої вставки запобіжника рівний

$$I_n = I_{\text{пуск}} / 2,5 \text{ А}$$

В установці використовується двигун з такими основними характеристиками:

- потужність двигуна (P) – 62 Вт;
- напруга живлення (U) – 27 В;
- пусковий струм ($I_{\text{пуск}}$) – 3,2 А.

Використавши ці дані, розрахуємо номінальний струм плавкого запобіжника:

$$I_n = 3,2 / 2,5 = 1,3 \text{ А}$$

Серед стандартних плавких запобіжників вибираємо ПН2, ст15.

В той же час необхідно врахувати наступні недоліки плавких запобіжників:

- незалежну роботу запобіжників кожної фази внаслідок чого можливі відключення одної або двох фаз і продовження роботи приймачів в неповнофазних режимах;

- одноразове спрацювання запобіжника і в наслідок цього істотні затрати часу на встановлення живлення споживачів шляхом заміни запобіжників;
- складність забезпечення захисту провідників і електротехнічних приладів по всьому діапазону можливих зверх струмів;
- можливих помилкових операцій з запобіжниками при їх заміні або при включенні лінії шляхом виймання запобіжника;
- відносну складність приладів дистанційної сигналізації про спрацювання;
- неможливість перевірки захисних властивостей без перегорання запобіжника.

Існують спеціальні модифікації запобіжників, вільні від цих недоліків.

До основних переваг запобіжників відносяться: швидкодійність, струмообмеженість, здатність швидко відключати установку.

5.1.3 Правила техніки безпеки при експлуатації обладнання

При роботі на “Установці лазерного зварювання щитів рефлекторів антен” необхідно дотримуватись наступних вимог по техніці безпеки:

Загальні вимоги

- 1) Працювати на обладнанні, до якого Ви маєте допуск, і виконувати роботу, яка доручена адміністрацією цеху.
- 2) Зосереджувати увагу на виконуваній роботі, не відволікатись на сторонні справи і розмови, не відволікати інших.
- 3) Не допускати на своє робоче місце осіб, які не мають відношення до дорученої роботи.
- 4) Про всякий нещасний випадок з Вами або з іншим працівником негайно повідомити майстра або бригадира і звернутись в медичний пункт.

- 5) При ремонті установки і пускових пристроїв на установці повинен бути вивішений попереджувальний знак згідно ГОСТ 12.4.026-76 “Цвета сигнальные и знаки безопасности”.
- 6) Не дозволяти прибиральниці прибирати біля установки під час її роботи.
- 7) Маса, габарити і тип контрольованих деталей повинна відповідати паспортним даним установки.
- 8) Відрегулювати місцеве освітлення установки так, щоб робоча зона була достатньо освітлена і світильник не сліпив очі. Використовувати місцеве освітлення напругою більше 36 В забороняється.
- 9) При будь-якій перерві в подачі електроенергії або стиснутого повітря негайно виключити електрообладнання установки і перекрити вентиль подачі стиснутого повітря.
- 10) Кожен працівник зобов'язаний:
 - а) вимагати від адміністрації цеху проведення інструктажу по техніці безпеки до призначення на роботу і при переводі на обладнання іншої моделі;
 - б) вимагати від адміністрації цеху, щоб надрукована інструкція про міри безпеки при роботі на даному обладнанні знаходились на робочому місці працівника;
 - в) суворо виконувати всі правила по техніці безпеки;
 - г) обов'язково використовувати спецодяг, спецвзуття і засоби індивідуального захисту.

Перед початком роботи

- 11) Перед кожним включенням установки впевнитись, що запуск установки нікому не загрожуватиме небезпекою.
- 12) Привести в порядок робочий одяг.

- 13) Прийняти установку від попереднього працівника: перевірити загальний стан установки і робочого місця; ознайомитись з неполадками, які були виявлені попереднім працівником і з прийнятими мірами по їх усуненню.
- 14) Про несправності установки негайно повідомити майстра; до усунення неполадки до роботу не розпочинати.
- 15) Перевірити наявність і справність:
 - а) стаціонарної огорожі;
 - б) з'єднувальних шлангів;
 - в) захисного заземлення.
- 16) Провірити на холостому ході установки справність органів керування.
- 17) Перевірити і забезпечити необхідне змащування. При змащування користуватись тільки відповідними приспособленнями.

Під час роботи

- 18) Виконувати вказівки по обслуговуванню установки.
- 19) Проводити втручання в процес зварювання тільки при повній зупинці установки.
- 20) Остерігатися лазерного випромінювання.
- 21) Слідкувати за чистотою платформи.
- 22) Остерігатись заусениць на заготовках.
- 23) При появі великої кількості браку, зупинити установку і провести перевірку згідно "Інструкції по користуванню".
- 24) Зупиняти установку тільки після встановлення заготовки на робочу позицію.
- 25) Обов'язково зупинити установку, вимкнути живлення і перекрити вентиль подачі стиснутого повітря при:
 - а) відході від установки навіть на короткий час;

- б) тимчасовій зупинці роботи;
 - в) перерві подачі електроенергії;
 - г) прибиранні, змащуванню, очистці;
 - д) виявленні несправностей;
- 26) Не змінювати встановлені кути нахилу без відома майстра.

По закінченню роботи

- 27) Вимкнути електроживлення установки.
- 28) Перекрити вентиль подачі стиснутого повітря.
- 29) Почистити установку і прибрати робоче місце.
- 30) Здати зміну наступному працівнику або майстру, повідомити їх про виявлення несправності.

Здати результати контролю начальнику цеху.

5.2 Безпеки в надзвичайних ситуаціях

5.2.1 Оцінка стійкості роботи підприємства в надзвичайних ситуаціях природного характеру

Кожен об'єкт в залежності від особливості його діяльності і інших характеристик має свою специфіку. Але об'єкти мають багато спільного: виробничий процес здійснюється, як правило, в середині споруд і будівель, самі споруди виконані з уніфікованих елементів, територія об'єкту насичена інженерними, комунальними і енергетичними лініями, окремо розташовані технологічні установки, мережа внутрішнього транспорту, системи зв'язку і управління, складське господарство, різноманітні будівлі і споруди адміністративного, побутового і господарського призначення.

Принципами стійкості промислового підприємства в надзвичайних ситуаціях є єдина нормативна і директивна база, яка включає:

- Конституцію України;
- закон про цивільну оборону України;
- положення ЦО;
- нормативні документи по стійкості об'єктів;
- директиви начальника штабу ЦО України.

Стійкість роботи промислового підприємства складається із:

- стійкості інженерно-технічного комплексу (будівель, споруд, систем енерго-, газо-, водозабезпечення, технологічного обладнання і.т.п.) до дії зовнішніх факторів при аваріях, катастрофах, стихійному лихові, а також при застосуванні щодо них сучасної зброї;
- стійкості виробничої діяльності (захист виробничого персоналу, надійність системи управління, постачання поновлення роботи в найкоротші терміни).
- Фактори, від яких залежить стійкість роботи об'єктів в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу:

1. надійність захисту робітників і службовців;
2. безпечність розташування об'єкту відносно зон можливих руйнувань;
3. можливість інженерно-технічного комплексу протистояти ударній хвилі будь-якого вибуху і вражаючим діям ядерної зброї;
4. безперервність постачання електроенергією, паливом, сировиною, газом і всім необхідним для випуску продукції;
5. надійність керування виробництвом силами і засобами цивільної оборони;
6. підготовленість підприємства до поновлення виробництва.

Для всіх виробничих об'єктів незалежно від профілю виробництва і призначення є характерні фактори, які впливають на підготовку об'єкта до роботи в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу. До цих факторів належать район розміщення об'єкту, внутрішнє планування і забудова території об'єкту, системи енергопостачання, технологічний процес, виробничий зв'язок об'єкту, системи управління, підготовленість об'єкту до відбудови виробництва і інше.

Район розміщення об'єкта вивчається за картою (планами). Проводиться аналіз топографічного розміщення об'єкту:

- характер забудови території яка оточує об'єкти (структура, густота, тип забудови);
- наявність на цій території підприємств, які можуть бути джерелами виникнення вторинних факторів ураження;
- природні умови навколишньої місцевості.

З'ясовуються метеорологічні умови району. При вивченні споруд і будівель об'єкту дається характеристика споруд основного і допоміжного виробництва, споруд, які не будуть використані у виробництві основної продукції в надзвичайних ситуаціях.

Встановлюються основні особливості їх конструкції, вказують технічні дані, необхідні для розрахунків дії ударної хвилі, світлового випромінювання і можливих вторинних факторів ураження. А власне: конструкція, поверхня, довжина і висота, вид каркасу, світлові отвори, покрівля, перекриття. Вказується кількість працівників і службовців, які одночасно перебувають у будівлі, наявність вбудованих і близько розміщених сховищ.

При оцінці території об'єкту визначається вплив густоти і типу забудови, можливість виникнення і розповсюдження пожежі створення завалів входів у сховища.

Вивчення технологічного процесу проводиться з розрахунком специфіки виробництва і змін у виробничому процесі в надзвичайних ситуаціях.

На підприємствах зв'язаних із застосуванням значної кількості сильнодіючих отруйних і горючих речовин, встановлюється їх кількість, оцінюються токсичні властивості, надійність їх зберігання. Визначається їх необхідний мінімум запасів цих речовин, які можуть перебувати на території об'єкту.

Особливу увагу приділяють дослідженню систем газопостачання, оскільки газ з джерела енергії може перетворитись у дуже агресивний вторинний фактор ураження.

Дослідження системи управління об'єктів проводиться на основі вивчення стану пунктів управління і вузлів зв'язку, надійності системи управління виробництвом, розстановки сил. Визначаються також джерела поповнення робочої сили, аналізуються можливості взаємозаміни керівного складу об'єкту. Особлива увага приділяється вивченню системи оповіщення.

При аналізі системи матеріально-технічного постачання дається коротка характеристика цієї системи в нормальних умовах і можливих змін у зв'язку з переходом на випуск нової продукції, оцінюються наявні і планові запаси і можливі продовження строки роботи без постачання.

Підготовка об'єкту до відбудови виробництва визначається на основі вивчення характеру виробництва, складності його устаткування матеріалів.

5.2.2 Підвищення стійкості роботи підприємства, безпечність і можливість інженерного комплексу протистояти надзвичайним ситуаціям

З метою забезпечення стійкості роботи важливих виробничих підприємств в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу завчасно проводиться комплекс організаційних і інженерно-технічних заходів цивільної оборони, спрямованих на забезпечення захисту населення та підвищення стійкості роботи об'єкту, на утворення необхідних умов для безперебійної роботи.

Під стійкістю роботи промислових підприємств розуміють їх можливість в умовах надзвичайних ситуацій мирного і воєнного часу виробляти продукцію в запланованому обсязі і номенклатурі, а при слабких пошкодженнях відновлювати виробництво в мінімальні терміни.

Нові промислові підприємства повинні будуватись з врахуванням вимог, виконання яких сприяє підвищенню стійкості інженерно-технічного комплексу об'єкту.

Будівлі і споруди на об'єкти необхідно розміщувати розсереджено. Відстань між будівлями повинна забезпечувати протипожежні розриви. Ширина протипожежного розриву α_p визначається за формулою:

$$\alpha_p = H_1 + H_2 + 15\text{м};$$

де H_1 і H_2 – висоти сусідніх будинків.

Висока стійкість до дії ударної хвилі властива залізобетонній будівлі з металевими каркасами.

Для підвищення стійкості до пожеж в будівлях повинні застосовуватись вогнестійкі конструкції, а також вогнетривка обробка горючих елементів будівлі. В складських приміщеннях повинно бути якомога менше вікон і дверей. Складські приміщення для зберігання легкозаймистих речовин повинні розміщуватись в окремих блоках заглиблено або напівзаглиблено біля кордонів об'єкту або за його межами.

Дороги на території об'єкту повинні бути з твердим покриттям і забезпечувати зручний і найкоротший шлях між виробничими будівлями, спорудами і складами; в'їздів на територію об'єктів повинно бути не менше двох з різних напрямків.

Системи побутової і виробничої каналізації повинні мати не менше двох випусків в міську каналізаційну мережу і пристосування для аварійних викидів.

Електрозабезпечення повинно здійснюватись від енергосистеми, до складу якої входять електростанції, що працюють на різних видах палива. Великі електростанції потрібно розташовувати одну від одної і від великих міст на відстані, не менше двох радіусів зон можливих руйнувань.

Електроенергію на ділянки належить подавати по належних кабелях, прокладених в землі на глибині 0,8 – 1,2 м.

Для підвищення стійкості постачання об'єктів водою необхідно, щоб система водопостачання[об'єктів] здійснювалась не менше ніж від двох незалежних джерел.

На багатьох виробничих об'єктах газ використовується як паливо, а на хімічних підприємствах і як вихідна сировина. Газопровідні станції необхідно розташовувати за межами міста з різних сторін. Газова мережа замикається і прокладається під землею на глибині 0,6 – 1,7 м.

На газовій мережі у визначених місцях повинні бути встановлені автоматичні вимикаючі пристрої, які спрацьовують від надлишкового тиску ударної хвилі.

6 ЕКОЛОГІЯ

6.1 Актуальність екологічної проблеми

У сучасний період взаємовідносини між людиною і природою є надзвичайно складними. Внаслідок цього відновлюваний потенціал природи став меншим за дію суспільства на неї, що викликало початок незворотньої зміни навколишнього середовища.

Тому в Україні відразу з її незалежністю прийнято кардинальні заходи з екологічної безпеки і прийнято закон про охорону навколишнього середовища.

Зараз особливо відчутний вплив на природу в сфері матеріального виробництва. Про це свідчить досвід України, яка маючи великий промисловий і сільськогосподарський потенціал, стикається з багатьма проблемами екологічного характеру.

В Україні значно ускладнена екологічна обстановка. Причиною цього є катастрофа на ЧАЕС та існування великої кількості атомних виробництв.

Головним джерелом забруднення навколишнього середовища є промислові підприємства. Вони викидають у повітря значну кількість золи, окисів вуглецю, сірки, азоту а також викидають у каналізаційні мережі стічні води, забруднені хімічними відходами.

Велику проблему складає утилізація, складання і знищення відходів промисловості.

На необхідність вирішення зазначених вище екологічних проблем в Україні звернена увага в основних напрямках політики України в галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки, затверджених постановою Верховної Ради України від 5 березня 1998 року №188/98-ВР.

Цим документом визначено комплекс заходів, що мають сприяти гармонійному розвитку виробництва та природоресурсного потенціалу України і забезпечувати необхідний рівень екологічної безпеки в Україні.

6.2 Правові екологічні норми і закони України

Екологічне законодавство України регулює відносно в галузі охорони навколишнього середовища і раціонального використання природних ресурсів. Це законодавство складається з багатьох нормативно-правових актів, які визначають шляхи і засоби вирішення екологічних проблем, відзеркалюють екологічну політику держави.

Центральне місце серед активів, що регулюють правоохоронні відносини, займає Конституція України, в якій викладено заходи екологічної політики України та обов'язок держави, щодо забезпечення екологічної безпеки (ст.16). Основний закон України застерігає від нанесення шкоди, заподіяної довкіллю і покладає на всіх природокористувачів обов'язок відшкодування збитків, а також встановлює гарантії прав людини на безпечне життя і здоров'я довкілля (статті 50,66).

В Україні діє закон “Про охорону навколишнього природного середовища”. Діюче екологічне законодавство України в значній мірі оновлено і цей процес продовжується. Його домінуючим моментом є створення правового механізму забезпечення екологічної безпеки.

Особливістю сучасного процесу розвитку екологічного законодавства є збільшення в ньому норм, що забезпечують активне функціонування всієї системи управління охороною навколишнього природного середовища.

6.3 Заходи охорони навколишнього середовища

Нааявний в даний час у нашій країні комплекс розроблених організаційних заходів і технічних засобів захисту, накопичений передовий досвід роботи ряду обчислювальних центрів (ОЦ) показує, що є можливість досягнути значно більших успіхів в справі усунення впливу на працюючі небезпечні і шкідливі виробничі чинники. Проте стан умов праці і його безпеки в ряді ОЦ ще не задовільняють сучасним вимогам. Оператори ЕОМ, оператори підготовки даних, програмісти і інші робітники ОЦ ще зустрічаються з впливом таких фізично небезпечних і шкідливих виробничих чинників, як підвищений рівень шуму, підвищена температура зовнішнього середовища, відсутність або недостатня освітленість робочої зони, електричний струм, статична електрика й інші.

Багато співробітників ОЦ пов'язані з впливом таких психофізичних чинників, як розумове перенапруження, перенапруження зорових і слухових аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження. Вплив зазначених несприятливих чинників призводить до зниження працездатності, викликає розвиток стомлення. Поява і розвиток стомлення пов'язані зі змінами, що виникають під час роботи в центральній нервовій системі, з гальмівними процесами в корі головного мозку. Наприклад, сильний шум викликає труднощі з розпізнаванням колірних сигналів, знижує швидкість сприйняття кольору, гостроту зору, зорову адаптацію, порушує сприйняття візуальної інформації, зменшує на 5-12% продуктивність праці. Тривалий вплив шуму з рівнем звукового тиску 90 дБ знижує продуктивність праці на 30-60 %.

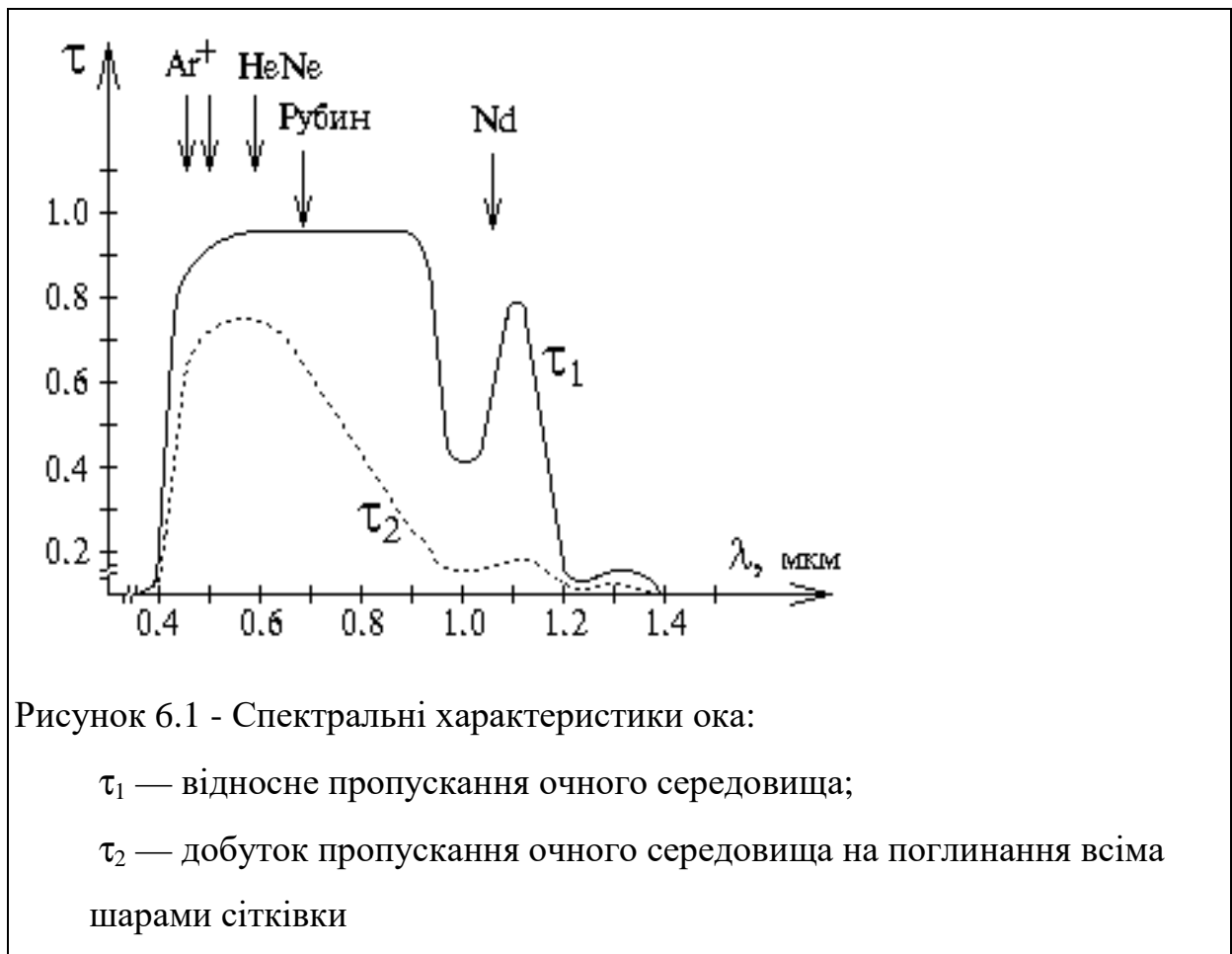
Медичні обстеження робітників ОЦ показали, що крім зниження продуктивності праці, високі рівні шуму призводять до погіршення слуху.

Тривале перебування людини в зоні комбінованого впливу різноманітних несприятливих чинників може призвести до фахового захворювання. Аналіз травматизму серед робітників ОЦ показує, що в основному нещасні випадки відбуваються під впливом необережного або непрофесійного користування лазерними установками.

Безпосередній вплив на людину робить лазерне випромінювання будь-якої довжини хвилі, однак у зв'язку зі спектральними особливостями органів, що уражаються, і істотно різними гранично припустимими дозами опромінення, як правило, розрізняють вплив на очі і шкірні покриви людини.

Основний елемент зорового апарата людини — сітківка ока — може бути уражена лише випромінюванням видимого (від 0.4 мкм) і ближнього ІЧ-діапазонів (до 1.4 мкм), що пояснюється спектральними характеристиками людського ока (рис. 1). При цьому хрусталик і очне яблуко, діючи як додаткова фокусуюча оптика, істотно підвищують концентрацію енергії на сітківці, що в свою чергу, на кілька порядків знижує максимально допустимий рівень (МДР) опромінення зіниці.

Крім довжини хвилі λ , необхідно враховувати також тривалість впливу світлового випромінювання. При дуже коротких імпульсах (коли не встигають спрацювати механізми теплопровідності в області сітківки) нормують густину енергії для видимого випромінювання ($0.4 < \lambda < 0.7$ мкм) при $\Delta t < 2 \cdot 10^{-5}$ з МДР опромінення рогівки ока складає $5 \cdot 10^{-3}$ Дж/м²; для ІЧ-випромінювання ($1.05 < \lambda < 1.4$ мкм) при $2 \cdot 10^{-5} < \Delta t < 5 \cdot 10^{-5}$ — на порядок більше, тобто $5 \cdot 10^{-2}$ Дж/м². Якщо тривалість імпульсу перевищує 20 мкс для видимого і 20÷50 мкс для ближнього (до 1.4 мкм) випромінювання, то нормують у першому наближенні густину потужності: для видимого випромінювання МДР складає $18 \Delta t^{0.75}$ Вт/м²; для ІЧ-випромінювання — майже на порядок більше, тобто $90 \Delta t^{0.75}$ Вт/м².



В усіх розглянутих далі випадках перехідна область спектра — від темно-червоного ($\lambda > 700$ нм) до цілком невидимого ближнього ІЧ-випромінювання ($\lambda < 1050$ нм) — характеризується монотонним підвищенням МДР від мінімального значення (для темно-червоного випромінювання) до максимального (для цілком невидимого ІЧ-випромінювання) за законом $Z_4 = 10^{(\lambda - 700)/500}$.

Приведені дані по МДР охоплюють область найбільш критичних значень параметрів опромінення зіниці ока, коли в інтервалі від 10^{-9} до 10 із причиною ушкодження сітківки є теплова дія сфальцьованого світла при прямому спостереженні лазерного пучка, тоді як надкороткі лазерні імпульси викликають в основному термоакустичний вплив — протоплазма кліток через швидкий розігрів закипає і розриває оболонку. В цьому випадку нормують густину потужності: для видимого випромінювання МДР складає $5 \cdot 10^6$ Вт/м², для ІЧ-випромінювання — $5 \cdot 10^7$ Вт/м².

Тривале ($\Delta t > 10$ с) прямий вплив лазерного випромінювання на сітківку приводить в основному до фотохімічних процесів її руйнування. Щоб уникнути цього (як і у випадку надкоротких імпульсів), нормують енергетичну освітленість (експозицію). Для зеленого ($\lambda = 550$ нм) і більш короткохвильового ($\lambda > 400$ нм) видимого світла МДР складає 100 Дж/м². Що стосується "теплих" квітів ($550 < \lambda < 700$ нм), те фотохімічні процеси починають відігравати помітну роль тільки при великих тимчасових впливах лазерного випромінювання ($T_2 = 10^{0.02(\lambda-500)+1}$ с), і в цьому випадку МДР потрібно зменшити в 3_3 разів ($C_3 = 10^{0.015(\lambda-550)}$).

Надто довгий ($\Delta t > 10^3 \div 10^4$ с) прямий вплив лазерного випромінювання характеризується малим значенням МДР, а саме 0.01 Вт/м² для синьо-зеленого ($0.4 < \lambda < 0.55$ мкм) випромінювання. Більш довгохвильове видиме випромінювання ($550 < \lambda < 700$ нм) допускає МДР = $10^{0.015(\lambda-500)+2}$ Вт/м².

У випадку ІЧ випромінювання перехід від експозиційного до потужного обмеження (коли істотну роль грають регенераційні процеси, що компенсують фотохімічне руйнування) здійснюється при $\Delta t > 10$ с: для $1.05 < \lambda < 1.4$ мкм МДР складає 16 Вт/м^2 ; для $\lambda > 700$ нм (темно-червоне випромінювання) і $\lambda < 1050$ нм (ближнє ІЧ- випромінювання) монотонно зростаючий МДР складає $3.2 \cdot 10^{(\lambda-700)/500} \text{ Вт/м}^2$.

На перераховані МДР опромінення орієнтуються при однократному впливі на око прямого лазерного випромінювання, що фокусується кристаликом у дуже незначну пляму на сітківці.

При наявності послідовності імпульсів не тільки жоден з них, але й усереднене опромінення не повинні перевищувати МДР.

Якщо тривалість окремих імпульсів перевищує 10 мкс (а частота проходження $f > 1$ Гц), то для імпульсу тривалістю N за обмеження опромінення приймають $(1/N)$ -ю частину МДР.

Найбільш складно визначити МДР для повторюваних серій, що складаються з визначеного числа імпульсів. Коли в серії не більш 10 імпульсів, її прирівнюють до одного еквівалентного імпульсу. При цьому:

- 1) якщо серія менше 10 мкс, то за тривалість еквівалентного імпульсу приймають тривалість самого короткого імпульсу в серії, а за енергетичний вплив — сумарний (повний) енергетичний вплив всієї серії;
- 2) якщо Δt серії більше 10 мкс, то за тривалість еквівалентного імпульсу приймають сумарну тривалість парціальних імпульсів, а за енергетичний вплив — сумарний енергетичний вплив всієї серії.

Якщо в серії більш 10 імпульсів, то МДР розраховують як для одного, нібито безупинного імпульсу, що охоплює всю послідовність.

ВИСНОВКИ

Опорно-поворотний пристрій (ОПП) відноситься до поворотних опор антенних систем (АС) з механізмами їх підйому і обертання, що встановлюються на рухомих засобах, наприклад автомашинах, а також до ОПП супутникового телебачення та вимірювальних антенних систем. ОПП має в своєму складі нерухоме підставу, обертову платформу, механізм обертання платформи навколо вертикальної осі і підйому АС відносно горизонтальної осі за допомогою електроприводу і ручних приводів.

Механізм обертання і підйому АС виконані у вигляді системи з'єднаних послідовно планетарної і хвильовий диференціальної передач. Одна частина цієї системи передач використовується для передачі обертаючого моменту від електродвигуна і ручного приводу, друга і третя частини системи відповідальні за підйом і обертання АС шляхом фіксації АС або платформи стопорними пристроями.

У винаході вирішена задача суміщення функцій двох механізмів підйому і обертання, раніше виконувалися автономними механізмами в одній системі передач, та виключення зі складу ОПП одного з них.

Запропоноване технічне рішення дозволяє більш раціонально використовувати корисний об'єм рухомого засобу суттєво знизити роботу апаратури управління, зменшити їх кількість, вагу і габарити, а також в 2 рази кількість електродвигунів в ОПП. Відомий спосіб керування асинхронним двигуном, при якому вимірюють частоту обертання ротора асинхронного двигуна, визначають і вводять в регулятор напруги різниця між заданою і поточної частотами обертання ротора асинхронного двигуна і змінюють напругу на двигуні відповідно із заданим значенням на виході регулятора напруги

ПЕРЕЛІК ДЖЕЛЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Диняева Н.С. Конструирование механизмов антен: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2002 – 320с.
2. Белянский П.В., Сергеев Б.Г. Управление наземными антеннами и радиотелескопами. – М.: Сов. радио, 1980. – 280с.
3. А. М. Покрас, А.М.Сомов, Г.Г.Цуриков. Антени земних станцій супутникового зв'язку. -М: Радіо і зв'язок, 1985, стор 86-89
4. В.А.Винокуров, Д.А.Попов. Электричні машини залізничного транспорту. Підручник для вузів. - М: Транспорт, 1986. - 511 С.
5. Мусалимов В.М., Заморуев Г.Б., Калапышина И.И., Перечесова А.Д., Нуждин К.А. *Моделирование мехатронных систем в среде MATLAB (Simulink / SimMechanics)*. Санкт-Петербург, НИУ ИТМО, 2013. 114с.
6. Заморуев Г.Б., Калапышина И.И. Кинематическое управление двухпараметрической сканирующей антенной. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*, 2012, №2(78), с.78–83.
7. Нуждин К.А. Моделирование релаксационных фрикционных колебаний в среде SIMMECHANICS. *ИПМаш РАН. Одиннадцатая сессия междунар. науч. шк. Фундаментальные и прикладные проблемы надежности и диагностики машин и механизмов*. Санкт-Петербург, Art-Хpress, 2013, с.323–330.
8. Чичинадзе А.В., ред. *Трение, износ и смазка*. Москва, Машиностроение, 2003. 576с.
9. Нуждин К.А. Разработка трибометрической системы с обратной связью. *Вестник Нижегородского университета им.Н.И.Лобачевского*, 2011, №4(2), с.253–254.
10. Воронов І. О., Коваленко І. Д., Афанас'єв П. В., Булгач Т. В. Основи охорони праці: Навч. посібник. - К.: Генеза, 2004.
11. Волков О.М., Замумокин А.П. Противопожарная защита вычислительных центров. – М.: Стройиздат, 1991.
12. Гандзюк М. П., Желібо Є. П., Халімовський М. О. Основи охорони праці: Підруч. для студ. Вищих навч. закладів. За ред. М. П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2004.
13. Охрана труда в электроустановках / Под ред. Князевского Б.А.–М.: Энергия, 1982.
14. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. - М.: Госстандарт, 1991.
15. **ГОСТ 12.1.019-79. Электробезопасность. Общие требов (СТ СЭВ 790-77)**. – М.: Изд-во стандартов, 1979.
16. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
17. ГОСТ 12.2.006-87 ССБТ. Безопасность аппаратуры электронной сетевой и сходных с ней устройств, предназначенных для бытового и аналогичного общего применения. Общие требования и методы испытаний.
18. ДНАОП 0.00-8.02-93 Перелік робіт з підвищеною небезпекою.
19. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
20. А.А. Сошников «Пожарная безопасность электроустановок зданий» М. 2006.

ДОДАТКИ