МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій
Кафедра авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Доктор технічних наук
професор
Синєглазов В. М.
" ____ " _____2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСНИКА ОСВІТНЬО-КВАЛІФІКАЦІЙНОГО РІВНЯ
" МАГІСТР "

Тема: СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ СТАБІЛІЗАТОРІВ ПОЛЯ ЗОРУ ПРИЛАДІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Виконавець: Харченко О.О.

Керівник: к.т.н., професор, Аблесімов О.К.

Консультант з екологічної безпеки: д.т.н., професор, Маджд С.М.

Консультант з охорони праці: ст. викладач, Козлітін О.О.

Нормоконтролер: к.т.н., доцент, Тупіцин М.Ф.

Київ - 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрям 15 «Автоматизація та приладобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
ДТН, професор
Синєглазов В.М.
" ____ " _____2020 р.

ЗАВДАННЯ
на виконання дипломної роботи студенту
Харченку Олександру Олександровичу

1.Тема роботи : " Система автоматизованого проєктування стабілізаторів поля зору приладів спостереження".

2. Термін дипломної роботи: з _____ 2020р. до _____2020р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи): точність стабілізації поля зору не нижче 0,25тд; спектральні щільності кутових і лінійних коливань об'єктів - згідно основних трас і швидкостей їхнього пересування; технічні параметри пристрою формування команд і лінії передачі команд - відповідно до аналогів промислових зразків.

4. Зміст пояснювальної записки: 1.Аналіз робочих процедур автоматизованого проєктування. 2.Розробка структури й алгоритмів етапів проєктування технічної системи. 3. Основні завдання автоматизованого аналізу і синтезу при проєктуванні СПЗ. 4.Принципи стабілізації поля зору приладів спостереження. 5.Математичне моделювання систем керування та стабілізації поля зору рухомих об'єктів. 6. Аналітичне конструювання СПЗ. 7.Структурно-параметричний синтез СПЗ. 8.Розробка силової двухплощинної системи стабілізації поля зору. 9.Програмно-методичне забезпечення автоматизованого синтезу СПЗ.

5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу: 1.Аналіз проблеми розпізнавання об'єктів спостереження. 2.Спектральні щільності кутових коливань рухомих платформ. 3. Принципи стабілізації поля зору. 4. Структурні схеми СПЗ. 5.Дослідження динаміки формування помилок стабілізаторів. 6.Алгоритми побудови автоматизованих систем СПЗ. 7.Конструювання силової системи стабілізації. 8.Програмна реалізація автоматизованого синтезу СПЗ.

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Підбір літератури	1.09 – 10.09	вик
2	Технічне завдання	11.09 – 15.09	вик
3	Вступ	16.09 – 17.09	вик
4	Проаналізувати проблеми автоматизованого проєктування СПЗ	18.09 – 25.09	вик
5	Сформулювати задачі стабілізації поля зору приладів спостереження та визначити шляхи їх вирішення	26.09 – 30.09	вик
6	Обгрунтувати та вибрати критерії оцінки якості функціонування автоматизованої системи	01.10 – 12.10	вик
7	Проаналізувати основні схемні рішення СПЗ	13.10 – 19.10	вик
8	Розглянути структурно-параметричний синтез силової та індикаторної систем стабілізації	20.10 – 28.10	вик
9	Розробити алгоритми функціонування силової двохплощинної системи стабілізації поля зору	29.10 – 12.11	вик
10	Охорона праці та екологічна безпека	13.11 – 25.11	вик
11	Програмне забезпечення дослідень СПЗ	26.11 – 05.12	вик
12	Висновки	06.12 – 09.12	вик
13	Оформлення пояснювальної записки	10.12 – 15.12	вик

7. Консультація з окремих розділів:

Назва розділу	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	д.т.н., професор, Маджд С.М.		
Охорона праці	ст. викладач, Козлітін О.О.		

8. Дата видачі завдання: “_____”_____ 2020 р.

Керівник: професор _____Аблесімов О.К.
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____Харченко О.О.
(підпис)

Технічне завдання

1 Найменування та галузь застосування

Задачі спостереження та розпізнавання об’єктів виникають і мають важливе значення в багатьох сферах: в аерокосмічній (зокрема в задачах обробки даних астрономічних спостережень через турбулентну атмосферу), в системах комп’ютерного зору роботів, в задачах автоматичного контролю безпечності дорожнього руху по відеоінформації, в медичній діагностиці, зокрема в томографії та ряду інших.

Для виконання задач спостереження та розпізнавання об’єктів необхідна наявність відповідних технічних засобів – приладів спостереження.

Висока значимість вчасного виявлення об’єктів, широкий діапазон зміни параметрів, що характеризують фізичні та технічні умови спостереження, вимагають обладнання розвинутим комплексом приладів і систем спостереження і розпізнавання об’єктів.

Найважливішою вимогою до приладів спостереження на рухомій основі являється стабілізація поля зору. Також до такого виду вимог можна віднести більш широке використання приладів спостереження із змінним збільшенням, розширення діапазону збільшень приладів і покращення оглядовості.

На сьогоднішній день спостерігається високий розвиток рівня автоматизації процесів спостереження та розпізнавання об’єктів. Це забезпечується за рахунок розвитку структури комплексів приладів спостереження та розпізнавання об’єктів: збільшення кількості різноманітних приладів у складі комплекса, оснащення приладів спостереження системами стабілізації поля зору, що являється головною вимогою до приладів спостереження на рухомій основі, оснащення приладами для обігріва оптики, очистки вхідних вікон тощо.

Автоматика дозволяє суттєво зберегти час, затрачений на пошук та розпізнавання об’єктів. Автоматизація процесів спостереження та

розпізнавання об’єктів дозволяє приблизити дальність видимості та час розпізнавання об’єкта за допомогою приладу на рухомій основі до результатів, отриманих при спостереженні із нерухомого приладу.

Вимогами до приладів спостереження на рухомій основі являються:

- подальше вдосконалення оптичних схем приладів спостереження;
- більш широке використання приладів спостереження із змінним збільшенням;
- встановлення дублюючих приладів спостереження;
- оснащення приладів системами стабілізації поля зору;
- створення нових технічних засобів спостереження та розпізнавання об’єктів (лазерних, тепловізійних, телевізійних та інших) і їх об’єднання з оптичними приладами спостереження.

2 Підстава до розробки

Наказ по Національному авіаційному університету №_____

3 Мета та призначення розробки

Основною метою роботи є розробка САПР системи стабілізації приладів спостереження, та визначення вимог до приладів спостереження на рухомій основі.

У роботі були поставлені задачі розробки автоматизованої системи проєктування стабілізаторів поля зору приладів спостереження, визначення шляхів вирішення стабілізації поля зору, обґрунтування критеріїв оцінки якості функціонування автоматизованих систем, розробки методів підвищення її якості.

4 Технічні вимоги

- точність стабілізації поля зору не нижче 0,25 тд;

- спектральні щільності кутових і лінійних коливань – згідно основних трас і швидкостей їхнього пересування;

- технічні параметри пристрою формування команд і лінії передачі команд – відповідно до аналогів промислових зразків.

5 Стадії та етапи розробки

Проведення аналізу проблеми автоматизації стабілізаторів поля зору приладів спостереження. Розгляд та порівняння принципів стабілізації поля зору приладів спостереження. Математичне моделювання систем стабілізації поля зору рухомих об’єктів. Конструювання СПЗ. Структурно-параметричний синтез СПЗ. Дослідження стійкості гіроскопічної платформи з без інерційною системою розвантаження. Розробка силової двухплощинної системи стабілізації поля зору. Програмно-методичне забезпечення автоматизованого синтезу СПЗ.

6 Порядок контролю та приймання

Контроль здійснюється керівником роботи відповідно до плану-графіку.

Приймання здійснюється на підставі захисту дипломної роботи ДЕК ФАЕТ.

Термін здачі дипломної роботи: “__” _____ 2020 р.

Анотація

У роботі були проаналізовані проблеми розпізнавання об’єктів спостереження, зокрема проведений аналіз особливостей спостереження із рухомих приладів, статистичні дані по коливанням рухомих основ та були визначені вимоги до приладів спостереження на рухомій основі. Розроблена система автоматизованого проєктування стабілізаторів приладів спостереження. Були визначені шляхи двохплоскостної стабілізації поля зору і розроблені методи забезпечення якості їх функціонування.

Список скорочень

$Д_{\max}$ - максимальна дальність;

$Д_{вид}$ - дальність видимості;

СПЗ – стабілізатор поля зору;

ВД – верхнє дзеркало;

НД – нижнє дзеркало;

ГДК – гіроскопічний датчик кута;

$ЗР_{гдк}$ – зовнішня рамка гіроскопічного датчика кута;

ОТ – обертаючийся трансформатор;

П – підсилювач;

ВД – виконуючий двигун;

$ОТ_{зз}$ – обертаючийся трансформатор зворотнього зв’язку;

Ред – редуктор;

ПУ – пульт управління;

НР – наружна рама;

Г – гіроскоп;

Ш – шарнір;

АФЧХ – амлітудно-фазова частотна характеристика;

АЧХ – амплітудна частотна характеристика;

ФЧХ – фазова частотна характеристика.

Зміст

ВСТУП…….

1. АНАЛІЗ РОБОЧИХ ПРОЦЕДУР АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ

1.1 Основи автоматизації проєктування……
1.2 Завдання систем автоматизованого проєктування…….
1.3 Розробка структури й алгоритму для кожного етапу проєктування технічної системи……..
1.4 Визначення основних процедур проєктування……..
1.5 Структура математичного та програмного забезпечення…….
1.6 Мета та завдання роботи……..

2. ФОРМУВАННЯ АЛГОРИТМУ ПРОЄКТУВАННЯ СТАБІЛІЗАТОРІВ ПОЛЯ ЗОРУ……

2.1 Процеси спостереження та розпізнавання об’єктів……...
2.2 Аналіз статистичних даних по коливанням рухомих основ…….
2.3 Аналіз особливостей спостереження із рухомих об’єктів……
2.4 Визначення вимог до приладів спостереження на рухомій основі……..
2.5 Постановка завдання стабілізації поля зору приладів спостереження……

3. ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ СТАБІЛІЗАТОРІВ ПОЛЯ ЗОРУ……...

4. ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛІЗАТОРІВ ПОЛЯ ЗОРУ ПРИЛАДІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

4.1 Аналіз основних схемних рішень …..……..
4.2 Структурно-параметричний синтез силової системи стабілізації…….
4.3 Структурно-параметричний синтез індикаторної системи……
4.4 Розробка алгоритмів функціонування силової двохплощинної системи керування та стабілізації поля зору……..

5 ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ РОЗВАНТАЖЕННЯ ПІД ЧАС ПРОЄКТУВАННЯ СПЗ……..

6 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ……...

6.1 Обгрунтування критеріїв якості при автоматизації досліджень……
6.2. Алгоритмічне забезпечення досліджень.……
6.3. Програма розрахунку частотних характеристик систем ……..

7. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА……

8. ОХОРОНА ПРАЦІ……..

ВИСНОВКИ.……

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ……

ВСТУП

Задачі спостереження та розпізнавання об’єктів виникають і мають важливе значення в багатьох сферах: в аерокосмічній (зокрема в задачах обробки даних астрономічних спостережень через турбулентну атмосферу), в системах комп’ютерного зору роботів, в задачах автоматичного контролю безпечності дорожнього руху по відеоінформації, в медичній діагностиці, зокрема в томографії та ряду інших.

Для виконання задач спостереження та розпізнавання об’єктів необхідна наявність відповідних технічних засобів – приладів спостереження.

Висока значимість вчасного виявлення об’єктів, широкий діапазон зміни параметрів, що характеризують фізичні та технічні умови спостереження, вимагають обладнання розвинутим комплексом приладів і систем спостереження і розпізнавання об’єктів.

На будь-які рухомі об’єкти діє ряд збурень. Зовнішні збурення являються причиною погіршення точності розпізнавання об’єкта. Головною причиною утворення збурюючих моментів, що діють на прилади спостереження є коливання рухомої основи.

При спостереженні із рухомих об’єктів ефективність процесів спостереження та розпізнавання об’єктів за рахунок впливу коливань корпусу рухомого приладу значно падає: зменшується дальність видимості об’єктів та зростає час їх розпізнавання. Коливання корпусу передаються спостерігачу та приладам спостереження, внаслідок чого зображення ділянок місцевості та розміщених на них об’єктів безперервно переміщується по полю зору приладу та сітчатці ока спостерігача. При цьому з’являються перерви в спостереженні, погіршується контраст об’єктів на фоні місцевості і значно збільшуються граничні кути дозволу α.

Головними причинами, що викликають перерви в спостереженні, являються вихід ока спостерігача за межі вихідного зрачка приладу (через

коливання голови спостерігача відносно окуляру приладу спостереження) та виходи об’єкту, що розглядається, за межі поля зору приладу.

Тривалість перерв у спостереженні залежить від швидкості руху, параметрів коливань корпусу приладу, кута поля зору приладу спостереження, від наявності системи стабілізації поля зору приладу спостереження, її типу та характеристик. Для покращення умов видимості із рухомих об’єктів, скорочення часу перерв спостереження, пошуку та розпізнавання об’єктів необхідне введення у склад систем стабілізації поля зору приладів спостереження.

На сьогоднішній день спостерігається високий розвиток рівня автоматизації процесів спостереження та розпізнавання об’єктів. Це забезпечується за рахунок розвитку структури комплексів приладів спостереження та розпізнавання об’єктів: збільшення кількості різноманітних приладів у складі комплекса, оснащення приладів спостереження системами стабілізації поля зору, що являється головною вимогою до приладів спостереження на рухомій основі, оснащення приладами для обігріва оптики, очистки вхідних вікон тощо. Автоматика дозволяє суттєво зберегти час, затрачений на пошук та розпізнавання об’єктів. автоматизація процесів спостереження та розпізнавання об’єктів дозволяє приблизити дальність видимості та час розпізнавання об’єкта за допомогою приладу на рухомій основі до результатів, отриманих при спостереженні із нерухомого приладу.

Виходячи із вищевикладеного тема дипломної роботи “ Система автоматизованого проєктування стабілізаторів поля зору приладів спостереження” є актуальною.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ РОБОЧИХ ПРОЦЕДУР АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ

1.1 Основи автоматизації проєктування

Автоматизація – це застосування технічних засобів, які звільняють людину частково або повністю від безпосередньої участі в процесах отримання перетворення, передачі і використання енергії, матеріалів і інформації. В ході автоматизації механізуються процеси керування. У результаті автоматизації створюється складний комплекс, в якому машина керує машиною, що дозволяє збільшити потужність, швидкодію та точність машин, більш повно використовувати їх технічні можливості.

Під автоматизацією, також, розуміють проведення тих чи інших операцій без участі людини або з обмеженою її участю. У першому випадку процеси називають автоматичними, а в другому — автоматизованими.

Під автоматикою розуміють сферу науки й техніки, яка займається розробкою теоретичних методів і технічних засобів (елементів і систем), що забезпечують розв'язання завдань дослідження, виготовлення й експлуатації окремих установок і технологічних комплексів на основі їх автоматизації.

Автоматизований (автоматичний) процес може бути досить простим (наприклад, забезпечення сталого рівня рідини в деяких посудинах) і досить складним (забезпечення потрібного режиму роботи літака за допомогою автопілота).

При автоматизованому (напівавтоматичному) режимі роботи установки (механізму, машини), яку в загальному випадку називають об'єктом автоматизації, функція людини здебільшого зводиться до вмикання об'єкта або

до виконання окремих ручних операцій.

Основні переваги автоматизації полягають у можливостях забезпечити (рис. 1.1):

• зростання продуктивності та поліпшення умов праці;

• виконання робіт у важкодоступних чи взагалі недоступних для людини сферах (радіоактивні зони, космос, окремі види металургійного та гірничого виробництва);

• підвищення точності, якості технологічних процесів і відповідних виробів;

• зростання надійності та техніко-економічних показників і загальної культури виробництва та кваліфікації обслуговуючого персоналу.

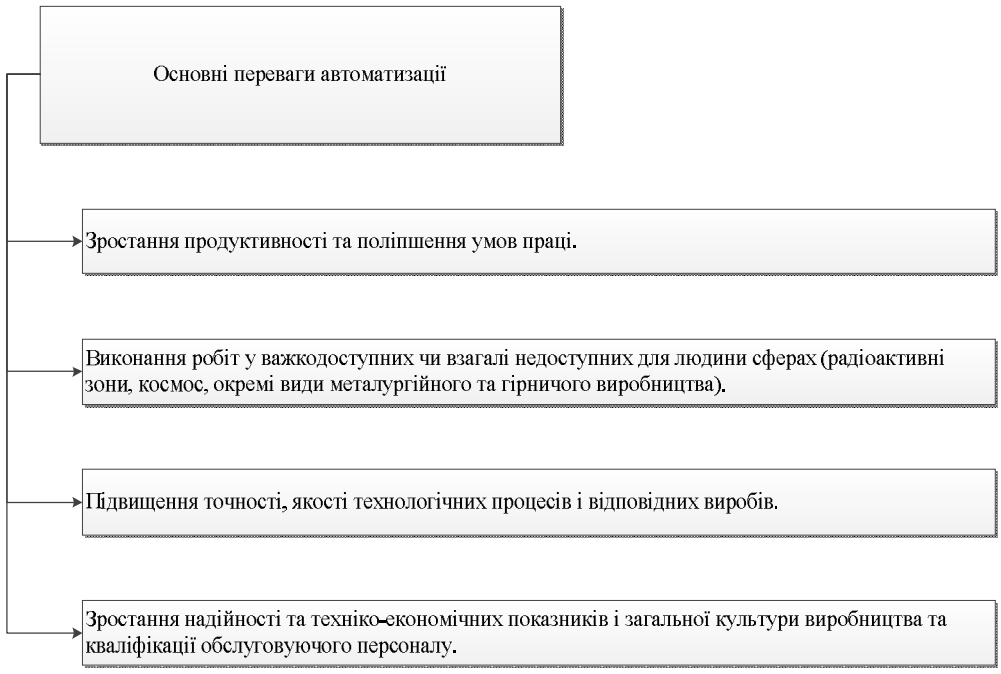


Рис. 1.1. Основні переваги автоматизації проєктування

Автоматизація ефективно застосовується на сучасному етапі розвитку людства для досягнення зростання показників ресурсо- та енергозбереження, поліпшення екології довкілля, якості та надійності продукції.

В даний час існує два напрямки автоматизації, пов'язаних із застосуванням автоматичних і автоматизованих систем.

Перше з них здійснюється за рахунок створення автоматичних систем різних типів, які без участі людини виконують вимірювання, контроль, регулювання і управління роботою агрегатів, машин, механізмів або технічних ліній.

Існує чотири групи автоматичних систем:

- вимірювально-інформаційні;
- система автоматичного контролю;
- система автоматичного регулювання;
- система автоматичного управління.

Другий напрямок пов'язаний з розвитком техніки і методів управління в організаційно-господарської діяльності, яка призвела до створення автоматизованих систем, де роль людини залишається визначальною.

У своєму розвитку автоматизація охоплює й розумову працю людини. В даний час комп’ютерно-інтегровані комплекси вирішують математичні та логічні завдання, завдання економіки, планування обліку. Успішно функціонують великі автоматичні системи керування (АСК), що забезпечують керування найскладнішими процесами, виробничими цехами, заводами і цілими галузями.

1.2 Завдання систем автоматизованого проєктування

Одна з основних цілей автоматизації проєктування полягає в оптимізації рішень, тобто в досягненні заданих показників проєктованого об'єкта при обмежених витратах наявних ресурсів.

Одним із пріоритетних шляхів розв'язання задачі підвищення науково-технічного прогресу в галузі проєктування є комплексна автоматизація проєктних, конструкторських експериментальних, технологічних та інших робіт на базі сучасної обчислювальної техніки, яка стає незамінним засобом підвищення науково-технічного змісту проєкту, скорочення термінів і вартості його реалізації за рахунок обробки і перетворення великого обсягу інформації, зниження ступеня технічного ризику при проєктуванні, тощо. Забезпечити

вищеперераховане можна із впровадженням системи автоматизованого проєктування (САПР).

Відповідно до сучасних уявлень розробка й експлуатація САПР дозволить підвищити якість проєктування завдяки:

- розширенню кількості розглянутих проєктних рішень;
- більш детальному і всебічному аналізу кожного проєктного рішення;
- можливості вирішувати принципово нові проєктні задачі з комплексним моделюванням на ЕОМ складних процесів, що супроводжують функціонування проєктованого об'єкта;
- використанню нових методів і технічних засобів, що розширюють діапазон операцій у творчому процесі синтезу нової конструкції.

Скоротити терміни розробки виробів можливо завдяки:

- удосконаленню і прискоренню операцій по переробці графічної і текстової інформації;
- швидкому обміну інформаційними потоками між підрозділами підприємства;
- механізації процесів випуску креслярської документації й операцій виготовлення деталей;
- оперативному контролю поточного стану проєкту.

Зменшити вартість розробки проєкту за рахунок:

- знизити витрати на переробку проєкту через зменшення концептуальних помилок, властивих початковому етапу проєктування;
- зменшити число спеціалістів, зайнятих у сфері забезпечення і керування процесом проєктування.

А також стимулювати розвиток методології і проєктування, у тому числі:

- створювати й удосконалювати методи, що формалізують проєктно-пошукові операції і дозволяють обґрунтовано приймати технічні рішення в умовах невизначеності;

- регламентувати заходи, пов'язані з випуском і проходженням технічної документації;
- підвищувати рівень інформативності працівників конструкторських і технічних служб.

1.3 Розробка структури й алгоритму для кожного етапу проєктування технічної системи

Із появою персональних електронно-обчислювальних машин (ПЕОМ) нового покоління, розвинутої мережі зовнішніх пристроїв, а також програмного забезпечення виникли сприятливі умови для створення САПР.

У відповідності зі сформованою традицією структура САПР являє собою сукупність підсистем, що вирішують завдання для кожного етапу створення технічної системи.

При цьому кожна підсистема автоматизованого проєктування повинна включати технічні, математичні й інформаційні засоби, об'єднані загальною цільовою функцією. Функціональна схема САПР наведена на рис. 1.2.

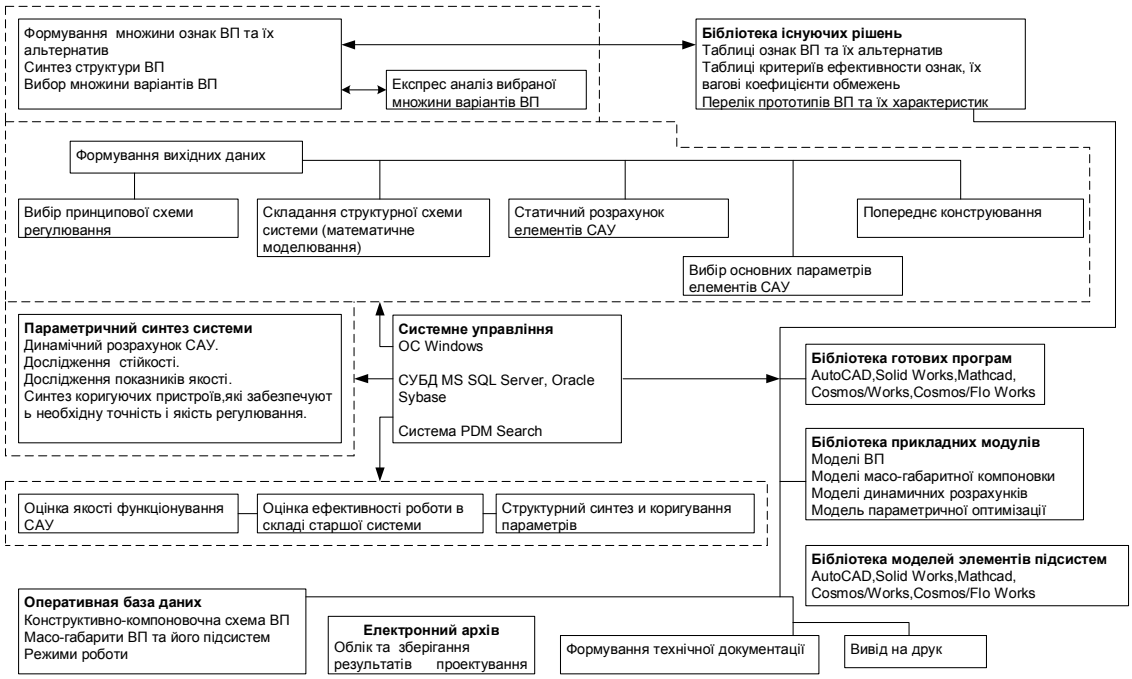


Рис. 1.2. Функціональна схема САПР

Перший рівень САПР займає автоматизована система пошуку варіантів яка заснована на методиці структурного синтезу.

Сутність методики структурного синтезу полягає у використанні підходу, при якому система розчленовується на окремі компоненти (ознаки) і побудові загального рішення. Множина обраних варіантів структур системи досліджується шляхом проведення аналізу спрощених математичних моделей.

Другий рівень відображає автоматизований процес формування вихідних даних, які визначаються на підставі технічного завдання (ТЗ) і результатів попередніх досліджень варіантів структури системи. Потім здійснюється автоматизований процес структурно-параметричного й функціонального моделювання підсистем та їх взаємного пов'язування в одне ціле.

Третій рівень містить автоматизовану процедуру розрахунку, дослідження стійкості, показників якості, синтезу коригувальних пристроїв, що забезпечують необхідну точність й якість регулювання.

Четвертий рівень займають автоматизовані процедури визначення оцінки якості функціонування систем, оцінки ефективності роботи в складі старшої системи, структурного синтезу й корегування параметрів. Закінченням проєктувальних робіт є формування вихідних даних для конструювання.

Процес автоматизованого рішення частинних завдань кожного рівня САПР супроводжується кількаразовим використанням електронних матеріалів загальної бази даних математичних моделей, бібліотеки електронних макетів елементів підсистем й оперативної бази даних. Одночасно з виконанням математичного моделювання системи та її підсистем може виконуватися параметрична оптимізація з використанням алгоритму багатокритеріальної оптимізації.

Структура програмного забезпечення САПР повинна містити в собі системне й прикладне програмне забезпечення (ПЗ).

До складу системного ПЗ входить, як правило, стандартна операційна система (ОС) Windows у повній конфігурації, що служить програмною платформою для прикладного ПЗ й система керування базою даних, за

допомогою якої здійснюється робота з файлами даних, автоматизація пошуку інформації, підтримка мережевих ресурсів т. ін.

Прикладне ПЗ містить групу типових програм. Типові програми, що працюють під керуванням Windows, є середовищем для масо-геометричного, структурно-параметричного й функціонального моделювання.

Новітні комп'ютерні технології дозволяють організовувати автоматизовані робочі місця (АРМ) інженерів – проєктувальників, що беруть участь у синтезі САУ на базі ОС Windows й інтегрованих у неї універсальних системах, наприклад MathLAB, з використанням стандартних ПЕОМ і мережевого устаткування.

Наступний крок – безпосередньо синтез контуру керування. Обирається метод синтезу, який здійснюється за алгоритмом бібліотеки типової програми.

Якщо при дослідженні виявлені недоліки синтезованої системи, наприклад, забезпечуючи прийнятні статичні характеристики, погіршуються динамічні характеристики САК, то розробник приймає рішення, або змінити обрані критерії якості у бік послаблення вимог, наприклад, до статичних характеристик, або сформулювати функціонал якості у вигляді забезпечення як динамічних, так і статичних характеристик з одночасною зміною концепції побудови САПР. Така ітераційна процедура повторюється доки результати досліджень не підтвердять відповідність синтезованої системи всім вимогам якості. Структуру та параметри синтезованого контуру документують й заносять у загальну базу даних з метою подальшого використання.

Якщо спостерігається невідповідність якості характеристик обраним критеріям, то приймається рішення або змінити критерії, або синтезувати адаптивну систему керування. При прийнятті рішення про зниженні вимог до системи може бути проведений додатковий синтез, щоб він відповідав заданому рівню оцінок з повторними дослідженнями.

При прийнятті рішення про синтез адаптованої системи обирається принцип адаптації та стабілізації динамічних характеристик об'єкта управління.

Для синтезованої системи може бути проведений додатковий синтез контурів корекції. Остаточні дослідження синтезованої системи проводяться на повній моделі нелінійної системи. По закінченню досліджень на синтезований контур керування оформлюється технічна документація, й він заноситься в каталог загальної бази даних для використання.

1.4 Визначення основних процедур проєктування

Проєктна процедура в процесах автоматизованого проєктування називається типовою, якщо вона призначена для багаторазового застосування при проєктуванні даного об'єкта. Процедури синтезу та аналізу відносять до типових проєктних процедур.

Схема процедури автоматизованого проєктування системи автоматичного управління і деякі із сучасних методів аналізу та синтезу, показані на рис. 1.3. Задача САПР складається з надання інженеру широкого набору альтернативних методів проєктування.

Рис. 1.3. Схема процедури автоматизованого проєктування

Автоматизований синтез полягає у визначенні властивостей і дослідженні працездатності чергового варіанта системи автоматичного керування по його проміжному опису, тобто при синтезі створюються, а при аналізі оцінюються проєкти конструйованої системи автоматичного керування.

Основою автоматизованого проєктування є те, що процедури автоматизованого аналізу поділяються на процедури одноваріантного і багатоваріантногот аналізу. При одноваріантному аналізі задаються значення внутрішніх і зовнішніх параметрів, потрібно визначити значення вихідних параметрів об'єкта. Задача зводиться до однократного рішення рівнянь, що складають математичну модель проєктованого об'єкта.

Багатоваріантний аналіз полягає в дослідженні властивостей об'єкта в деякій області простору внутрішніх параметрів. Такий аналіз вимагає багаторазового рішення систем рівнянь (багаторазового виконання одноваріантного аналізу).

Процедури синтезу поділяються на процедури структурного і параметричного синтезу. Метою структурного синтезу є визначення структури об'єкта – переліку елементів, що складають об'єкт, і способу зв'язку елементів між собою в складі об'єкта.

Параметричний синтез полягає у визначенні числових значень параметрів елементів при заданих структурі й умовах працездатності на вихідні параметри об'єкта, тобто при параметричному синтезі потрібно знайти область у просторі внутрішніх параметрів. На рис. 1.4 представлена типова послідовність проєктних процедур автоматизованого синтезу на одному з етапів проєктування.

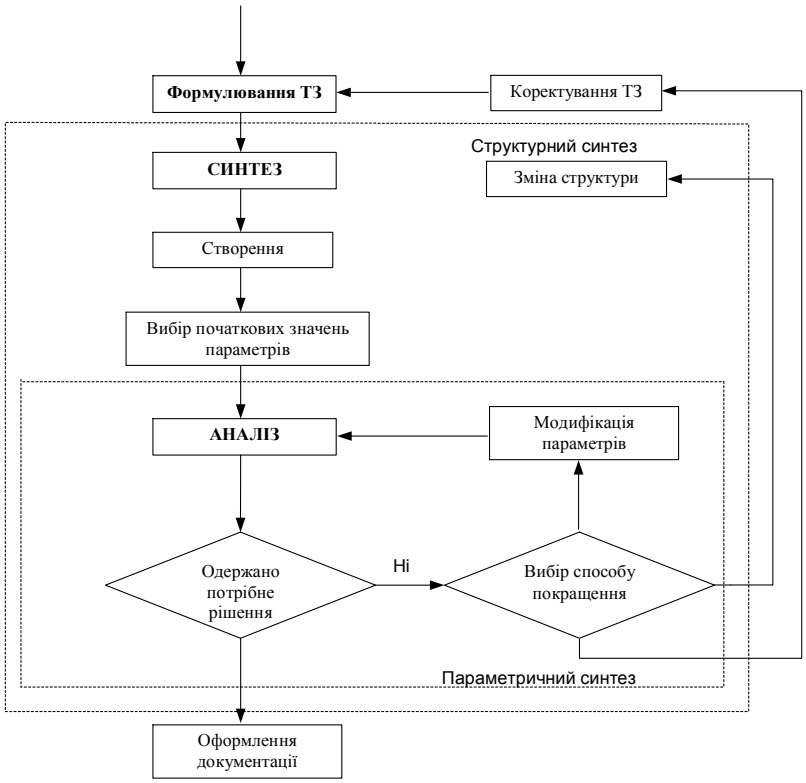


Рис. 1.4. Типова послідовність проєктних процедур автоматизованого синтезу

Проєктування системи автоматичного керування починається із синтезу вихідного варіанта її структури. Для оцінки цього варіанта створюється математична модель (ММ). Після вибору вихідних значень параметрів елементів системи автоматичного керування виконується аналіз варіанта, за результатами якого стає можливої його оцінка.

Зазвичай оцінка полягає в перевірці виконання умов працездатності, сформульованих у ТЗ. Якщо умови працездатності виконуються належною мірою, то отримане проєктне рішення приймається, система цього рівня проєктування описується в прийнятій формі і формулюються ТЗ на проєктування елементів даного рівня. Якщо ж отримане проєктне рішення незадовільне, вибирається один з можливих шляхів поліпшення системи.

Звичайно, найпростіше здійснити зміни числових значень параметрів елементів, що складають вектор вихідних параметрів.

Сукупність процедур модифікації, аналізу й оцінки результатів аналізів являє собою процедуру параметричного синтезу. Якщо модифікації

цілеспрямовані і підлеглі стратегії пошуку найкращого значення деякого показника якості, то процедура параметричного синтезу є процедурою оптимізації. Якщо шляхом параметричного синтезу не вдається досягти прийнятного ступеня виконання всіх умов працездатності, тоді змінюють структуру системи.

Новий варіант структури проєктованого об'єкта синтезується, і для нього повторюються процедури формування моделі і параметричного синтезу. Якщо не вдасться одержати прийнятне проєктне рішення і на цьому шляху, то ставиться питання про коректування ТЗ, сформульованого на попередньому етапі проєктування. Таке коректування може вимагати повторного виконання ряду процедур його ієрархічного рівня, що й обумовлює ітераційний характер проєктування. Рис. 1.5 дозволяє установити характерну рису взаємозв'язку проєктних процедур аналізу і синтезу. Цей взаємозв'язок має характер вкладеності процедури аналізу в процедуру оптимізації (параметричного синтезу) процедури оптимізації в процедуру синтезу, що поєднує синтез структурний і параметричний. Вкладеність процедур автоматизованого аналізу і синтезу означає, по-перше, що аналіз входить як складова частина в оптимізацію, а оптимізація – у синтез, по-друге, що однократне виконання процедури оптимізації вимагає багаторазового виконання процедури аналізу, а однократне рішення задачі синтезу – багаторазового рішення задачі оптимізації. Очевидно, що такий же характер взаємодії мають процедури аналізу – однократний різноманітний аналіз заснований на багаторазовому одноваріантному аналізі. Неважко підрахувати, що синтез проєктного рішення на черговому етапі проєктування може потребувати виконання надмірно великої кількості варіантів аналізу.

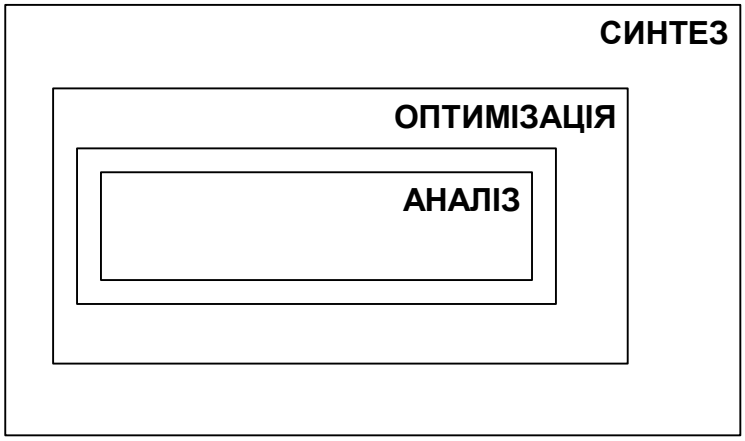


Рис. 1.5. Вкладеність процедур синтезу та аналізу

Математичне забезпечення проєктних процедур автоматизованого синтезу систем автоматичного керування відрізняється від звичайного забезпечення і включає у свій склад математичні моделі об'єкта проєктування, методи, алгоритми синтезу й аналізу.

1.5 Структура математичного та програмного забезпечення

Математичне забезпечення САПР служить для надання проєктувальнику широкого спектра послуг за технологією проєктування. Розробку математичного забезпечення САПР роблять з урахуванням конкретних ЕОМ, якими оснащена проєктована система. Математичне забезпечення САПР підрозділяють на загальне та спеціальне математичне забезпечення (ЗМЗ і СМЗ). ЗМЗ (машинно-орієнтоване) являє собою сукупність математичних логічних методів, а також комплекс програм, що реалізують ці методи при конкретних задачах системи. ЗМЗ поставляється розроблювачем (САПР) разом з ЕОМ і призначається для максимального скорочення часу і витрат на підготовку, налагодження і впровадження задач САПР, а також для збільшення її продуктивності.

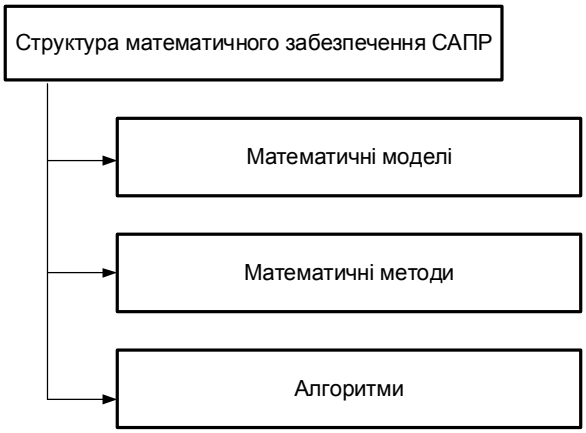


Рис. 1.6. Структура математичного забезпечення САПР

До математичних моделей пред'являються вимоги:

- універсальності (повнота відображення в моделі властивостей реального об'єкта),
- адекватності (здатність відображати задані властивості об'єкта з похибкою не вище заданої),
- точності (ступінь збігу значень параметрів реального об'єкта і значень тих же параметрів, розрахованих за допомогою ММ),
- економічності (витрати ресурсів на її реалізацію).

За властивостями об'єкта ММ поділяються на структурні і функціональні. Структурні – призначені для відображення структурних властивостей об'єкта і розрізняють топологічні, котрі відображають склад і взаємозв'язки елементів об'єкта і геометричні, котрі відображають геометричні властивості об'єктів. Функціональні ММ, являють собою системи рівнянь, призначені для відображення фізичних чи інформаційних процесів, що протікають в об'єкті.

По способу представлення властивостей об'єкта функціональні ММ поділяються на аналітичні й алгоритмічні. Аналітичні – являють собою явні вираження вихідних параметрів як функції вхідних і внутрішніх параметрів. Алгоритмічні ММ виражають зв’язок вихідних параметрів з параметрами внутрішніми і зовнішніми у формі алгоритму. Імітаційна ММ – алгоритмічна

модель, яка відображає поводження досліджуваного об'єкта в часі при завданні зовнішніх впливів на об'єкт.

На математичному забезпеченні як на фундаменті будуються основні компоненти САПР – пакети прикладних програм (ППП) (рис.1.7). Представляючи весь обсяг робіт зі створення ППП у виді піраміди, на нижньому її рівні розміщають математичні моделі, методи. На наступному – алгоритми, далі – обчислювальні алгоритми, на самій останній ступені – програми. Складання програм проявляє собою запис прийнятою мовою програмування обчислювального алгоритму. Досить досвідчений програміст сполучає два верхніх ступені програми, розробляючи зручним для нього методом обчислювальний алгоритм, а потім записуючи його алгоритмічною мовою програмування ПАСКАЛЬ, СІ, ФОРТРАН і т.д. Тому звичайно 70% трудомісткості створення ППП – програмного продукту – займає математичне забезпечення і 30% – складання самих програм.

Рис. 1.7. Структура програмного забезпечення САПР

Обчислювальний алгоритм будується по відомому принципу і являє собою послідовність арифметичних, логічних і аналітичних операцій, складених з урахуванням можливостей реалізації на ЕОМ і оцінки похибок обчислень.

Математичні методи, є компонентами математичного забезпечення системи автоматизованого проєктування. Одним з можливих підходів до класифікації математичних методів є їхня розбивка на евристичні, машинно-орієнтовані і класичні методи, «суто» машинні і машинно-аналітичні.

При загальних дослідженнях складних систем автоматичного керування задача часто виявляється настільки невизначеною, що доводиться використовувати евристичні методи (ЕМ), тобто методи, що засновані на інтуїції і досвіді проєктувальника. В даний час одержали розвиток завдяки впровадженню діалогових режимів роботи «людина – ЕОМ», розвитку методів по розпізнанню образів, методів факторного експерименту і т.д. м ашинна орієнтація класичних методів дозволяє значно прискорити процес рішення задачі, однак при цьому не виходить якісно нових методів і необхідна визначена робота з розробки алгоритмів обчислювання алгоритмів. Машинно-орієнтовані методи – це відомі в «хатньому столітті» методи, реалізовані на ЕОМ у результаті складання відповідного обчислювального алгоритму і програми.

Машинні методи – це методи, що без ЕОМ не мають змісту і створені тільки для рішення задач на ЕОМ. Це методи, математичного, напівсправжнього імітаційного моделювання, рішення задач чисельного аналізу, синтезу, ідентифікації, методи розрахунку і машинної обробки великих масивів інформації. Завдяки машинним методам з'явилася реальна можливість досліджувати і проєктувати складні системи, у тому числі і їхнього пристрою в стисло визначений термін з необхідною якістю.

Машинно-аналітичні методи — методи, що включають в себе як аналітичні процедури так і машинні рішення та операції. При такому підході виявляється можливим одержувати в аналітичному вигляді математичні моделі вихідної системи, залежності між характеристиками процесів в об'єкті проєктування і його параметрів, що відкриває широкі шляхи для подальших досліджень і в той же час скорочує витрати машинного часу на реалізацію усіх варіантів чисельного аналізу при «суто» машинних методах.

Вибір методів і засобів математичного забезпечення системи автоматичного проєктування визначається характером поставленої задачі і характеристиками об'єкта, стосовно якого проєктується система керування.

1.6 Мета та завдання роботи

Структура САПР являє собою сукупність підсистем, що вирішують завдання для кожного етапу створення технічної системи. Процедура автоматизованого проєктування системи автоматичного керування включає в себе деякі із сучасних методів аналізу та синтезу. Попередній аналіз літературних джерел показав, що найчастіше використовуються класичні методи для оцінки стійкості та дослідження якості при проєктуванні автоматизованих систем.

Метою дипломної роботи стало: розробка системи автоматизованого проєктування стабілізаторів поля зору приладів спостереження, що забезпечують високу точність розпізнавання об’єктів при спостереженні з рухомих платформ

Для досягнення заданої мети були поставлені наступні задачі:

- виконати аналіз варіантів функціонального виконання систем керування та стабілізації;
- розробити математичні модель систем стабілізації;
- дослідити точність систем різного функціонального виконання;
- розробити алгоритми побудови оптимальної системи керування та стабілізаціїї;
- виконати аналітичне конструювання автоматиованої системи керування та стабілізації приладів спостереження;
- розробити структуру й алгоритм системи автоматизованого проєктування СПЗ;
- розробити програмне забезпечення автоматизованого синтезу вищеназваної системи.

РОЗДІЛ 2
ФОРМУВАННЯ АЛГОРИТМУ ПРОЄКТУВАННЯ СТАБІЛІЗАТОРІВ ПОЛЯ ЗОРУ

2.1 Процеси спостереження та розпізнавання об'єктів

Прилади спостереження сприяють аналізу поведінки якого-небудь об'єкта на землі та в повітрі, розпізнаванню цього об'єкта.

Показниками якості приладів спостереження є дальність видимості об'єктів спостереження та середній час розпізнавання об'єкту в фіксованих умовах спостереження.

Дальністю видимості називається максимальна відстань між приладом та об'єктом спостереження, на якому при необмеженому часі спостереження можна розглянути об'єкт с тим чи іншим ступенем деталізації.

Максимальна дальність $Д_{\max}$, на якій об'єкт спостереження видимий при рівні деталізації a, визначається відношенням

$$Д_{\max} = 3440\frac{aГ}{\alpha},$$

де a – лінійний розмір об'єкту, м; α – дозволяюча здатність системи «прилад – око» в кутових хвилинах (3440 – число кутових хвилин у радіані); $Г$ – збільшення приладу.

В залежності від значення параметра a розрізняють три ступені деталізації об'єкта спостереження: виявлення, ідентифікація та опізнавання.

Виявлення – рівень видимості (деталізації) об'єкту, при якому спостерігач помічає предмет і на основі приблизних суджень про його форму та розміри може віднести предмет до об'єктів.

Ідентифікація – рівень видимості об'єкту, при якому спостерігач на

прооснові видимої форми та крупних деталей об'єкту може віднести його до певного класу об'єктів.

Опізнавання – рівень видимості об'єкту, при якому спостерігач може віднести об'єкт відомого класу до однієї із інших сторін.

Рівень $Г$ приладу спостереження здійснює безпосередній вплив на дальність видимості: чим більше збільшення $Г$, тим більше $Д_{\max}$ і навпаки.

Для опізнавання об'єкту необхідно розрізняти деталі з лінійними розмірами не більше встановленої величини a. Можливість такої деталізації визначається дозволяючою здатністю приладу та органів зору спостерігача, яку називають
системою «прилад – око».

Дозволяюча здатність системи «прилад – око» характеризує здатність ока спостерігача, який використовує прилад спостереження, окремо сприймати через прилад маленькі, близько розташовані деталі об'єкту. Вона вимірюється кутом дозволу α , що відповідає мінімальній відстані між двома точками об'єкта спостереження, при якій вони сприймаються окремо, та залежить від властивостей ока спостерігача, характеристик оптичної системи приладу, а також від фізичних та тактичних умов спостереження.

Чим вища дозволяюча здатність (тобто чим менше кут α), тим більша дальність $Д_{\max}$, на якій спостерігач може не тільки побачити, але й розпізнати об'єкт.

Другим показником, що характеризує якість приладів спостереження та розпізнавання об'єктів, є час розпізнавання об'єкта, тобто час, затрачений на виявлення, ідентифікацію та опізнавання об'єкта. Тривалість процесу розпізнавання об'єкту являється випадковою величиною. Вона звичайно оцінюється деяким середнім часом T_p, який залежить від фізичних і тактичних умов спостереження, характеристик приладів спостереження, місць їх установки та інших факторів.

2.2 Аналіз статистичних даних по коливанням рухомих основ

На будь-які рухомі об’єкти діє ряд збурень. Зовнішні збурення являються причиною погіршення точності розпізнавання об’єкта. Серед таких збурень можна виділити збурення, що порушують рівновагу сил, діючих на прилад (прикладом для літака є скидання вантажу), збурення, що порушують рівновагу моментів, діючих на прилад (для літака це випуск шасі, закрилків тощо) та вітрові збурення. Вітрові збурення можуть діяти у вигляді регулярного (невипадкового) вітру та випадкових поривів вітру, які викликаються атмосферною турбулентністю.

Випадковий вітер значно впливає на точність розпізнавання об’єктів. Випадкові функції, які описують атмосферу, вважаються стаціонарними. Зміни

статистичних характеристик відбуваються достатньо повільно.

Відомо, що центрований стаціонарний ергодичний випадковий процес може бути описаний власною спектральною щільністю. Для нормальної складової атмосфери загальновизнаною є така математична модель (модель Драйдена):

$$S_{W_{\text{в}}}(\omega)=\frac{\sigma_W^2 L\left[1+3\left(\frac{\omega L}{V}\right)^2\right]}{V\left[1+\left(\frac{\omega L}{V}\right)^2\right]^2},$$

де $S_{W_{\text{в}}}(\omega)$ – спектральна щільність нормальної складової атмосфери; σ_W – середньоквадратичне значення швидкості випадкового вітру; L – лінійний масштаб атмосфери; V – швидкість руху.

Атмосферу вважають практично спокійною, якщо $\sigma_W >$ 0,5 м/с, і дуже збуреною, якщо $\sigma_W >$ 2,5 м/с. Лінійний масштаб

атмосфери в залежності від метеоумов, пори року та інших чинників приймає значення в інтервалі L = (100…1000) м.

Головною причиною утворення збурюючих моментів, що діють на прилади спостереження є коливання рухомої основи.

Коливання обумовлені нерівностями місцевості, по якій рухається прилад спостереження, характером грунту, швидкістю руху тощо. Коливання мають випадковий характер і майже не затухають на протязі всього часу руху приладу, тобто вони являються стаціонарним випадковим процесом.

Коливання поділяються на кутові та лінійні. До кутових коливань відносяться повздовжні, горизонтальні та поперечні кутові коливання.

Розглянемо повздовжні кутові φ-коливання корпусу, що здійснюють найбільший вплив на розпізнавання об'єктів при відсутності стабілізатора (рис.2.1). Вони призводять до неперервної зміни кута піднесення приладу та викликають розсіювання видимості об'єкта за дальністю (по висоті).

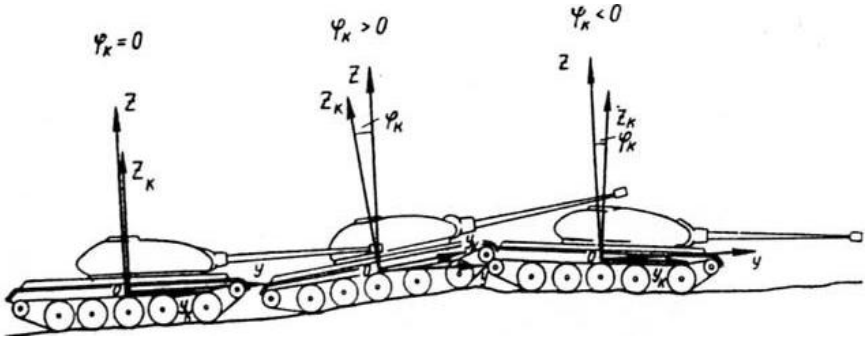


Рис.2.1 Повздовжні кутові коливання корпусу приладу (φ-коливання)

Характер змін амплітуд і частот φ-коливань корпусу визначається профілем місцевості, по якій рухається прилад і швидкістю руху приладу.

Крім того, на характер коливань суттєво впливає стан грунту на дорозі руху. На рис. 2.2 приведені густоти розподілу амплітуд коливань для середнього приладу *(криві 1)* та для важкого приладу *(криві 2)*, отримані на одних дорогах зі здвигом у часі. Практичне співпадання кривих говорить про те, що повздовжні кутові коливання являються стаціонарним випадковим процесом.

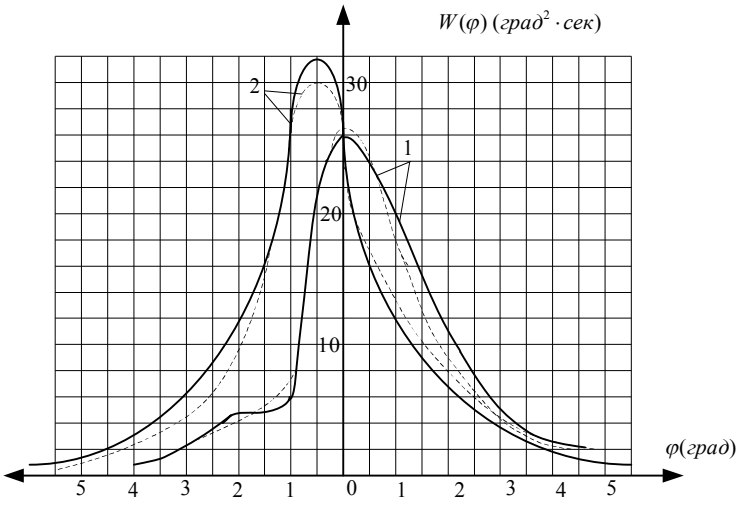


Рис. 2.2. Щільності розподілу амплітуд повздовжніх кутових коливань середнього (1) та важкого (2) приладів

На рис. 2.3 показані спектральні щільності повздовжніх кутових коливань приладу на трьох різних дорогах: крива *1* – для сухої, мало перетнутої літньої ґрунтової дороги при русі зі швидкістю 30-35 *км/год*; крива *2* – для сухої середньо перетнутої ґрунтової дороги при русі зі швидкістю 20-25 *км/год*; крива *3* – для сильно перетнутої ґрунтової дороги, по якій можливий рух зі швидкістю 15-18 *км/год.*

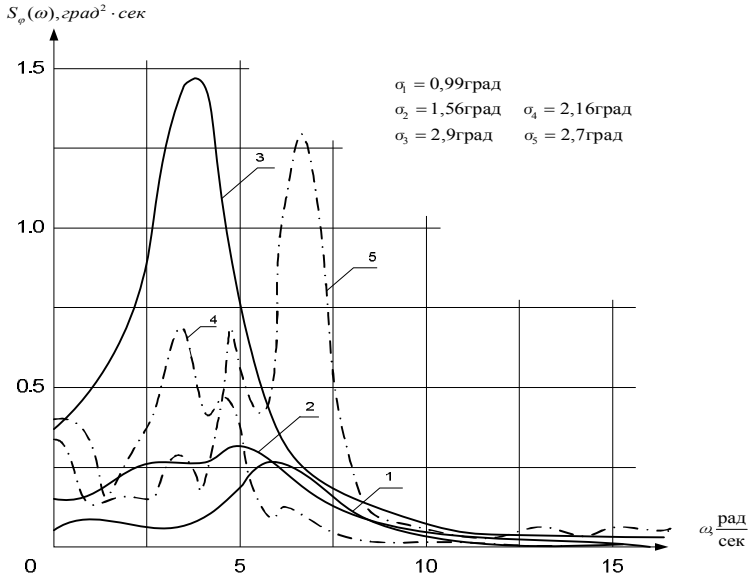


Рис. 2.3 Спектральні щільності повздовжніх кутових коливань

На тому ж рисунку крива *4* показує спектральну щільність *φ*-коливань приладу при русі по сухій дорозі зі швидкістю 20 *км/год*, а крива *5* –

спектральну густоту тих же коливань приладу при русі по сухій дорозі зі швидкістю 30 *км/год.*

На рис.2.4 наведено залежності середньоквадратичного значення амплітуд φ-коливань приладу від типу дороги та швидкості руху. На цьому ж рисунку крива *4* відповідає руху приладу по сухій дорозі. Залежності мають *max*, величина якого визначається перетинністю дороги та швидкістю руху приладу. Аналогічний висновок можна зробити і по спектральним функціям.

Важливе значення для розрахунку точності систем стабілізації та дозволяючої здатності оптики мають швидкості та прискорення повздовжніх кутових коливань.

Параметри повздовжніх кутових коливань

Тип дороги	Швидкість руху, *км/год*	Середньоквадратична амплітуда, *град*	Середня амплітуда, *град*	Середній період, *град*
Рівна грунтова дорога	30-35	0,996	1,2	0,98
Стандартна дорога	20-25	1,32	1,56	1,34
Ухабиста ґрунтова дорога	15-18	2,9	3,57	1,42

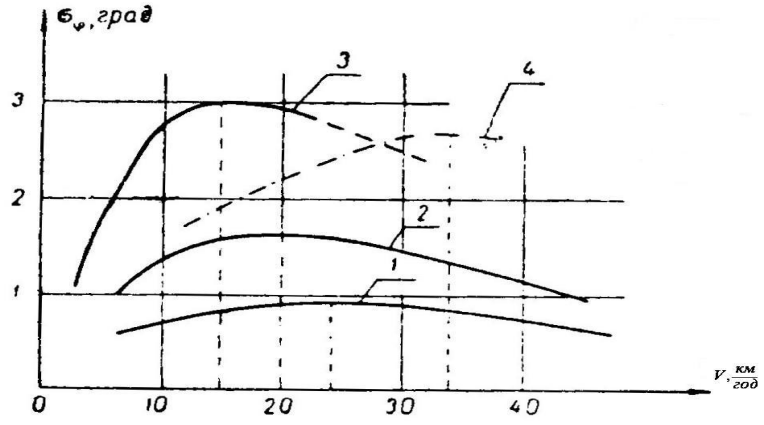


Рис.2.4. Залежність середньоквадратичного значення амплітуди повздовжніх кутових коливань від швидкості руху приладів по різноманітним дорогам

На рис. 2.5 приведені спектральні щільності швидкості повздовжніх кутових коливань приладу спостереження при русі по різним дорогам зі швидкістю 20 *км/год* і при русі по сухій цілині зі швидкістю 30 *км/год*.

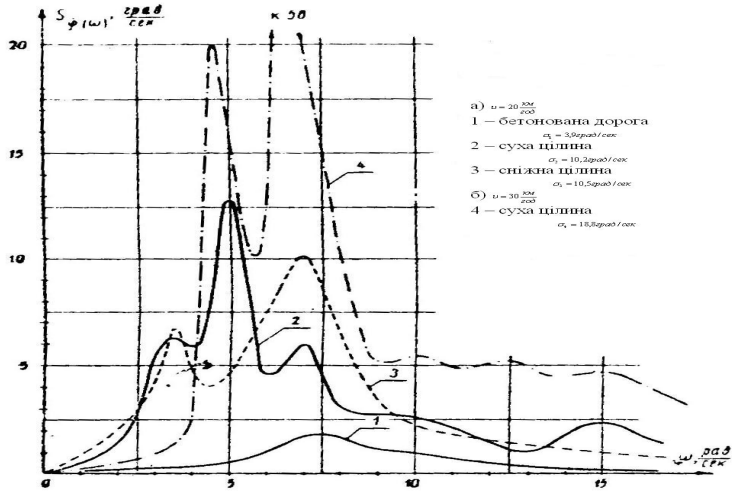


Рис. 2.5 Спектральні щільності швидкості повздовжніх кутових коливань приладу спостереження

Середньоквадратичні значення швидкості та прискорення повздовжніх кутових коливань приладу спостереження на різних дорогах

Тип дороги	υ_T = 8-12 км/год		υ_T = 18-25 км/год	
	$\sigma_{\dot{\varphi}}$, град/сек	$\sigma_{\ddot{\varphi}}$, град/сек^2	$\sigma_{\dot{\varphi}}$, град/сек	$\sigma_{\ddot{\varphi}}$, град/сек^2
Рівна грунтова дорога	20	35	25,3	54
Звичайна дорога	16,7	46	29,3	70
Ухабиста ґрунтова дорога	10,4	62	18,5	116

Аналізуючи розглянуті статистичні характеристики повздовжніх кутових коливань, можна зробити висновки, що повздовжні кутові коливання приладів спостереження представляють собою стаціонарну випадкову функцію часу з накладеними на неї періодичними складовими; із збільшенням перетинності дороги амплітуди коливань збільшуються, а їх частоти зменшуються; при збільшенні швидкості руху середньоквадратичне значення амплітуди коливань спочатку зростає, а потім зменшується; середньоквадратичні значення кутових швидкостей та прискорень із збільшенням швидкості руху зростають, причому більші значення прискорень, як правило, мають місце на більш важких трасах; при малих швидкостях руху переважають обумовлені профілем шляху гармонічні складові (перші максимуми спектральних площин, що мають місце при ω =

4-5 *рад/сек*); робочий діапазон *φ*-коливань приладів спостереження практично обмежений частотами 25-30 *рад/сек*.

Розглянемо горизонтальні кутові ψ-коливання приладу, що також здійснюють вагомий вплив на розпізнавання об'єктів приладами з рухомою основою (рис.2.6). Вони так само як і повздовжні кутові коливання являються стаціонарним випадковим процесом. Ці коливання здійснюються навколо вертикальної вісі приладу. При горизонтальних кутових коливаннях відбуваються неперервні відхилення корпусу від заданого напрямку руху (рискання).

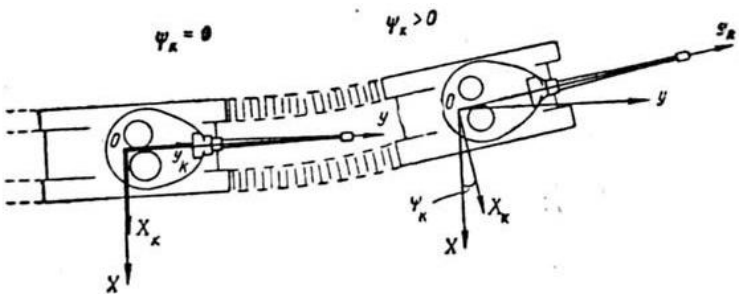


Рис.2.6. Горизонтальні кутові коливання приладу (ψ-коливання)

Горизонтальні кутові коливання збільшують бокове розсіювання видимості, так як напрямок вісі каналу, через який безпосередньо здійснюється спостереження, в горизонтальній площині неперервно змінюється.

Горизонтальні кутові коливання значно важче повздовжніх кутових коливань. В їх склад входять низькочастотні та високочастотні складові.

Низькочастотні складові горизонтальних кутових коливань, хоча і мають значно більші амплітуди, ніж високочастотні складові, але мало впливають на точність стабілізації. Це пояснюється тим, що системи стабілізації майже повністю „відпрацьовують" низькочастотні збудження. Помилки стабілізації головним чином визначаються високочастотними складовими.

Розглянемо у якості прикладу показані на рис. 2.7 спектральні щільності ψ-коливань, отримані при русі приладу спостереження зі швидкістю 20 і 30 *км/год* по місцевості з різним станом грунту.

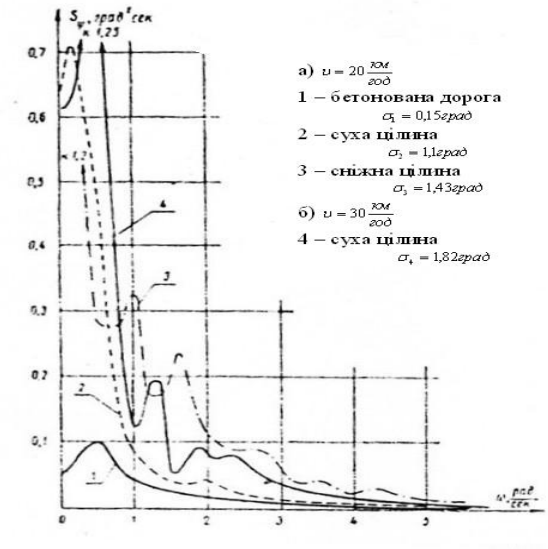


Рис. 2.7. Спектральні густоти горизонтальних кутових коливань корпусу середнього приладу спостереження

Середньоквадратичні значення амплітуд, швидкостей та прискорень горизонтальних кутових коливань приладів спостереження при русі по різним дорогам зі швидкістю 20 *км/год* наведено у таблиці

Дорога	Бетонована дорога	Суха літня цілина	Снігова цілина
Середньоквадратична амплітуда, *град*	0,32	0,69	1,36
Середньоквадратична швидкість, *град*	0,45	1,35	1,87
Середньоквадратичне прискорення, *град/сек*^{2}	-	18,2	32

Аналіз отриманих статистичних залежностей для горизонтальних кутових коливань дозволяє зробити висновки про те, що горизонтальні кутові коливання приладів спостереження являють собою стаціонарну випадкову функцію з накладеними на неї гармонічними складовими; параметри горизонтальних кутових коливань в значній мірі залежать від стану грунту (сніжній цілині на промерзлому грунті відповідають найбільші значення середньоквадратичних амплітуд, швидкостей та прискорень; при русі по сухій цілині середньоквадратичні амплітуди швидкості та

прискорення зменшуються в 1,5-2 рази); діапазон горизонтальних кутових коливань практично обмежений 25-30 *рад/сек*.

Дещо менший вплив на розпізнавання рухомим приладом здійснюють поперечні кутові γ-коливання корпусу (рис.2.8). Вони здійснюються навколо повздовжньої вісі приладу. При русі приладу відносно об'єкта з деяким курсовим кутом, поперечні кутові коливання в сумі з повздовжніми кутовими коливаннями визначають характер неперервної зміни кута піднесення приладу, а отже, впливають на розсіювання видимості по дальності.

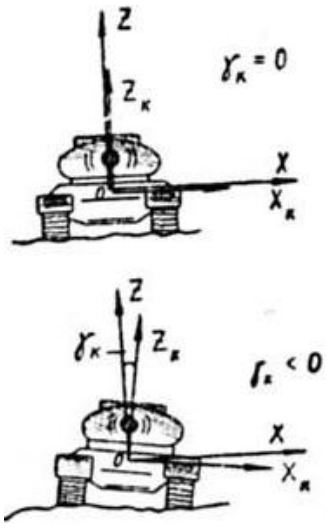


Рис.2.8 Поперечні кутові коливання корпусу прилада

Поперечні кутові коливання так само, як і повздовжні кутові коливання, визначаються профілем місцевості, по якій рухається прилад спостереження та швидкістю руху.

На рис. 2.9 приведені спектральні щільності поперечних коливань при русі по сухій цілині зі швидкістю 20 і 30 *км/год*.

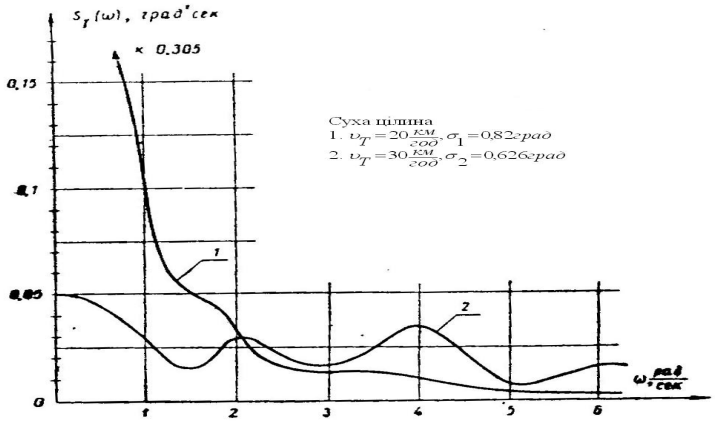


Рис. 2.9 Спектральні щільності поперечних кутових коливань

Середньоквадратичні значення амплітуд, швидкостей та прискорень поперечних кутових коливань приладу спостереження на різних дорогах наведено у таблиці

Дорога	v_T = 8-10 *км/год*			v_T = 18-20 *км/год*		
	Амплітуда, *град*	Швидкість, *град/сек*	Прискорення, *град/сек²*	Амплітуда, *град*	Швидкість, *град/сек*	Прискорення, *град/сек²*
Рівна грунтова дорога	0,44	9,5	12	0,31	12,8	16,7
Звичайна дорога	0,67	7,1	15	0,54	17,7	24
Ухабиста грунтова дорога	1,17	6,3	21	0,81	16,9	37

Дані показують, що інтенсивність поперечних кутових коливань приблизно в 2 рази нижча, ніж інтенсивність повздовжніх. Характерно, що і частота поперечних коливань також майже вдвічі нижча частоти повздовжніх кутових коливань. Спектральний аналіз показує, що γ-коливання (на відміну від φ-коливань) мають, як правило, менші амплітуди гармонічних складових, котрі досить швидко затухають. Інтенсивність гармонічних складових γ-коливань для середнього приладу вища, ніж для важкого, причому проявляються вони найбільш яскраво при русі по сильно перетнутим важким дорогам.

Крім розглянутих кутових коливань, корпус прилада розпізнавання об’єктів має лінійні коливання, які можуть бути представлені у вигляді суми вертикальних, повздовжніх та поперечних складових.

Вертикальні лінійні коливання відбуваються вздовж вертикальної вісі корпусу прилада та викликають паралельне зміщення лінії фокусування та вісі каналу, через який безпосередньо здійснюється спостереження та розпізнавання об’єкту. Амплітуда та частота вертикальних коливань визначаються висотою нерівностей поверхні, на якій розміщений прилад спостереження та вагою корпусу прилада. Зазвичай амплітуда вертикальних коливань не перевищує 100-150 мм, і вони відносно мало впливають на точність розпізнавання об’єктів.

Повздовжні лінійні коливання зумовлені безперервною зміною швидкості руху приладу. При різких прискореннях та уповільненнях швидкості руху відбуваються коливання самого корпусу, які викликають відповідні інерційні збурення.

Якщо розпізнавання об’єкту ведеться з деяким курсовим кутом, то лінійні повздовжні коливання корпусу значно знижують точність стабілізації приладу.

Існування неврівноваженості корпусу при повздовжніх лінійних коливаннях призводить до виникнення значних інерційних моментів. Внаслідок цього різко зростає навантаження виконуючого приводу стабілізатора корпусу та збільшуються кутові відхилення від заданого наводкою напрямку. Точність стабілізації корпусу знижується.

Поперечні лінійні коливання приладу спостереження та розпізнавання об’єктів обумовлені його «зіскальзуванням» по грунту (низькочастотні складові) та поперечними лінійними коливаннями корпусу (високочастотні складові). Прийнято вважати, що поперечні лінійні коливання практично не впливають на результати розпізнавання об’єктів.

Отже, коротко проаналізувавши всі види лінійних та кутових коливань можна зробити висновок, що головний вплив на прилади розпізнавання об’єктів на рухомій основі здійснюють повздовжні та горизонтальні кутові коливання корпусу $\varphi_к(t)$ та $\psi_к(t)$.

2.3 Аналіз особливостей спостереження із рухомих об’єктів

При спостереженні із рухомих об’єктів ефективність процесів спостереження та розпізнавання об’єктів за рахунок впливу коливань корпусу рухомого приладу значно падає: зменшується дальність видимості об’єктів та зростає час їх розпізнавання.

Із збільшенням кутової швидкості коливань поля зору дозволяюча здатність системи „око – прилад” знижується, а отже, зменшується дальність виявлення і розпізнавання об’єктів (рис. 2.10).

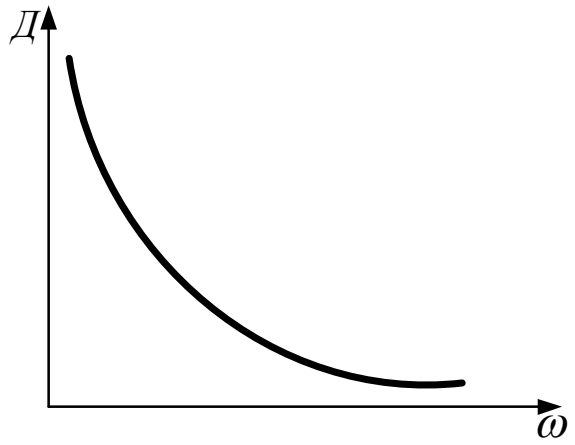


Рис. 2.10 Вплив кутової швидкості коливань поля зору на дальність бачення

Коливання корпусу передаються спостерігачу та приладам спостереження, внаслідок чого зображення ділянок місцевості та розміщених на них об’єктів безперервно переміщується по полю зору приладу та сітчатці ока спостерігача. При цьому з’являються перерви в спостереженні, погіршується контраст об’єктів на фоні місцевості і значно збільшуються граничні кути дозволу α.

Головними причинами, що викликають перерви в спостереженні, являються вихід ока спостерігача за межі вихідного зрачка приладу (через коливання голови спостерігача відносно окуляру приладу спостереження) та виходи об’єкту, що розглядається, за межі поля зору приладу.

Тривалість перерв у спостереженні залежить від швидкості руху, параметрів коливань корпусу приладу, кута поля зору приладу

спостереження, від наявності системи стабілізації поля зору приладу спостереження, її типу та характеристик.

Тривалість перерв спостереження може бути оцінена відносним часом перерв

$$\tau_{nc} = \frac{t_{nc}}{t_{\sum}},$$

де τ_{nc} - відносний час перерв спостереження; t_{nc} - час перерв спостереження; $t_{\sum}$ - сумарний час спостереження.

На рис. 2.11 зображений вплив швидкості руху об'єкта на час перерв спостереження. На середніх швидкостях руху та при відсутності стабілізації поля зору (крива 1) приладу спостереження відносний час перерв може досягати τ_{nc} = 0,3 – 0,4.

Покращення умов видимості із рухомих об'єктів, скорочення часу перерв спостереження, пошуку та розпізнавання об'єктів досягається введенням у склад систем стабілізації поля зору приладів спостереження (крива 2).

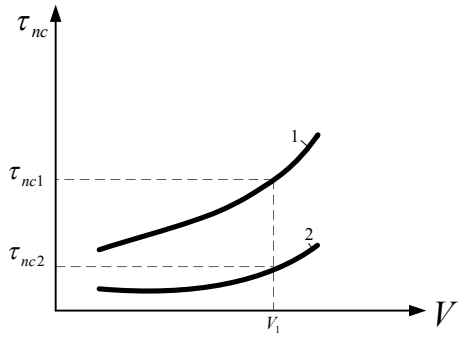


Рис. 2.11 Вплив швидкості руху на час перерв спостереження

1 – поле зору не стабілізовано; *2* – поле зору стабілізовано

Швидке переміщення зображення по сітчатці ока спостерігача призводить також к різкому погіршенню контрасту κ об'єкту з фоном та дозволяючої здатності α.

У всіх випадках дозволяюча здатність при русі приладу $\alpha_{руx}$ знижується порівняно із спостереженням з місця ($\alpha_{спух}$) у κ_α раз $\alpha_{руx} = \kappa_\alpha \alpha_{спух}$

Коефіцієнт κ_α залежить від збільшення приладу спостереження, характеристик системи стабілізації поля зору, швидкості руху приладу та інших факторів. Його значення при швидкостях руху приладу 15 – 20 км/год та нестабілізованому полі зору приладу лежать в межах 3,5 – 4,0. При тих же умовах і стабілізації поля зору приладу спостереження в одній (вертикальній) чи в двох (вертикальній та горизонтальній) площинах коефіцієнт κ_α зменшується до 2,0 – 2,4 та 1,3 – 1,7 відповідно. Це зумовлено зменшенням кутових швидкостей $\Omega_{гр1}$, $\Omega_{гр2}$ (граничні швидкості переміщення зображення при стабілізації поля зору приладу спостереження в одній та двох площинах) переміщення зображення. При наявності системи стабілізації вони не досягають значень, при яких розпізнавання об'єктів на фоні місцевості стає неможливим.

На рис.2.12 показані розрахункові залежності дальності видимості $Д_{від}$ об'єктів, що мають різні лінійні розміри a, від швидкості переміщення зображення Ω. Аналіз залежностей показує, що стабілізація поля зору приладу спостереження дозволяє суттєво збільшити дальність видимості із рухомих об'єктів.

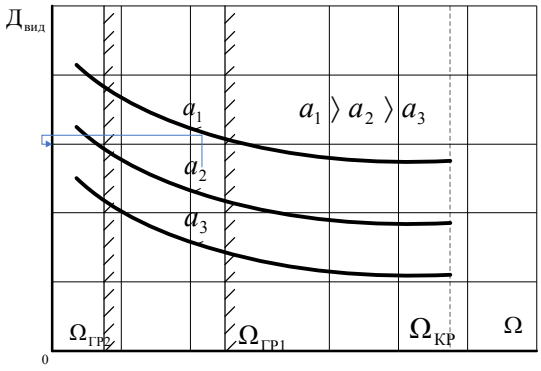


Рис.2.12. Залежність дальності видимості об'єктів від швидкості переміщення зображення Ω та лінійних розмірів об'єктів a_i

2.4 Визначення вимог до приладів спостереження на рухомій основі

Найважливішою вимогою до приладів спостереження на рухомій основі являється стабілізація поля зору. Також до такого виду вимог можна віднести більш широке використання приладів спостереження із змінним збільшенням, розширення діапазону збільшень приладів і покращення оглядовості.

На сьогоднішній день спостерігається високий розвиток рівня автоматизації процесів спостереження та розпізнавання об'єктів. Це забезпечується за рахунок розвитку структури комплексів приладів спостереження та розпізнавання об'єктів: збільшення кількості різноманітних приладів у складі комплекса, оснащення приладів спостереження системами стабілізації поля зору, що являється головною вимогою до приладів спостереження на рухомій основі, оснащення приладами для обігріва оптики, очистки вхідних вікон тощо.

Автоматика дозволяє суттєво зберегти час, затрачений на пошук та розпізнавання об'єктів. На рис. 2.13 приведені залежності часу T_p від дальності *Д* для оптичного приладу з постійним збільшенням при різному рівні автоматизації процесу.

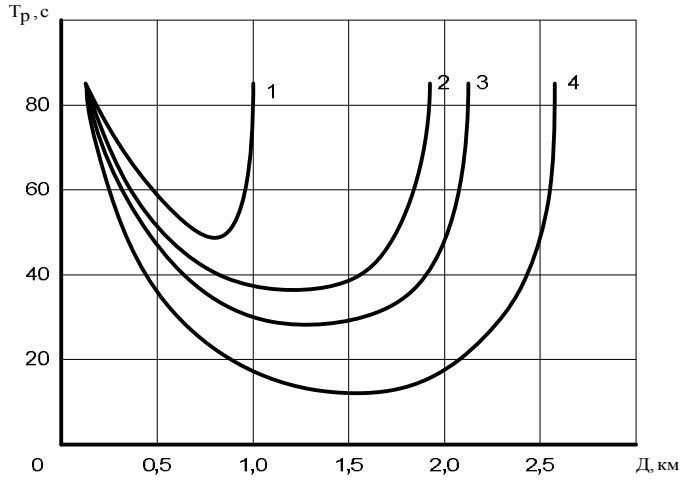


Рис. 2.13 Залежності середнього часу розпізнавання об'єкту від дальності при спостереженні через рухомий прилад і при різних рівнях автоматизації процесів спостереження: *1* – СПЗ (стабілізатор поля зору) відсутній; *2* – одноплощинний СПЗ; *3* – двохплощиний СПЗ; *4* – при спостереженні через прилад з нерухомою основою

Аналіз наведених залежностей показує, що автоматизація процесів спостереження та розпізнавання об’єктів дозволяє приблизити дальність видимості та час розпізнавання об’єкта за допомогою приладу на рухомій основі до результатів, отриманих при спостереженні із нерухомого приладу.

Аналізуючи приведену вище інформацію, можна зробити висновок, що вимогами до приладів спостереження на рухомій основі являються:

- подальше вдосконалення оптичних схем приладів спостереження;
- більш широке використання приладів спостереження із змінним збільшенням;
- встановлення дублюючих приладів спостереження;
- оснащення приладів системами стабілізації поля зору;
- створення нових технічних засобів спостереження та розпізнавання об’єктів (лазерних, тепловізійних, телевізійних та інших) і їх об’єднання з оптичними приладами спостереження.

2.5 Постановка завдання стабілізації поля зору приладів спостереження

Поле зору оптичного приладу може стабілізуватись у вертикальній площині, у горизонтальній та у поперечній площині. Розглянемо кожний.

2.5.1 Принцип стабілізації поля зору у вертикальній площині

Принцип стабілізації поля зору у вертикальній площині можна розібрати на прикладі перископічного приладу спостереження, що складається (рис. 2.14) із верхнього *ВД* та нижнього *НД* дзеркал, встановлюємих під кутом 45° до оптичної вісі приладу.

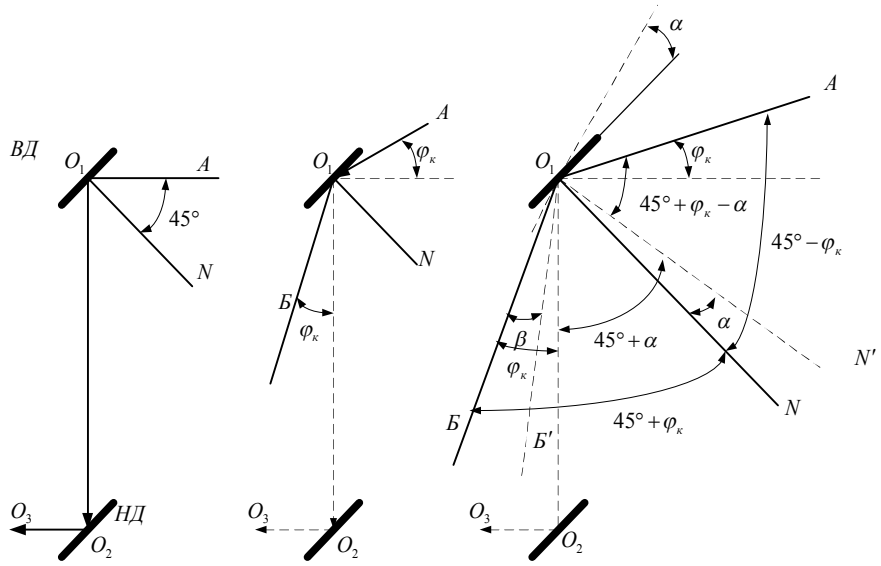


Рис. 2.14 Принцип стабілізації поля зору у вертикальній площині
а – вихідне положення приладу; *б* – нахил приладу в повздовжній площині на φ_K;
в – нахил приладу в повздовжній площині на φ_K з одночасним поворотом верхнього дзеркала

Припустимо, що у вихідному (рис. 2.14. *а*) положенні приладу промінь AO_1, що йде від цілі, падає на *ВД* під кутом $AO_1N = 45°$. У цьому випадку відображений від дзеркала промінь співпадає з оптичною віссю O_1O_2. об'єктив приладу спостереження.

При русі корпус приладу спостереження, а разом з ним і перископічна система дзеркал будуть повертатись в повздовжній площині на величину кутів повздовжніх коливань корпусу прилада φ_K. Зміна положення перископічної системи приведе к зміні (рис. 2.14, *б*) кута падіння променю AO_1 на верхнє дзеркало на величину φ_K, тобто кут $AO_1N = 45°+\varphi_K$. Одночасно на величину φ_K зміниться і кут відображення $NO_1Б$. Відображений від *ВД* промінь $O_1Б$ не співпадає з оптичною віссю прицілу, що призведе до переміщення зображення в полі зору. У випадку великих амплітуд повздовжніх кутових коливань корпусу прилада відображений від верхнього дзеркала промінь $O_1Б$ може зовсім не попасти на нижнє дзеркало, тобто ціль буде втрачена.

Для того, щоб промінь $O_1Б$, зміщений на кут $\varphi_К$ відносно вісі O_1O_2, після його відображення від *ВД* знову співпав з оптичною віссю O_1O_2 прицілу, необхідно повернути верхнє дзеркало навколо його вісі.

Припустимо, що *ВД* повернуто на кут α в бік, протилежний нахилу корпусу приладу (рис. 2.14, *в*). Зміна положення верхнього дзеркала приведе к зміні кута падіння на нього променю AO_1 на величину α. Згідно рисунку кут падіння $AO_1N' = (45^\circ + \varphi_К - \alpha)$. Зміна кута падіння приведе, в свою чергу, до зміни і кута відображення.

Промінь $O_1Б'$, відображений від верхнього дзеркала під кутом $N'O_1Б' = \left(45^0 + \varphi_К - \alpha\right)$ зміститься відносно променю $O_1Б$ на кут β, наближаючись до оптичної вісі приладу. Визначимо величину кута β.

На основі рис. 2.14,*в* маємо

$$\beta = NO_1Б - NO_1Б'.$$

Беручи до уваги, що

$$NO_1Б' = N'O_1Б' - \alpha; \quad NO_1Б = 45^0 + \varphi_К; \quad N'O_1Б' = 45^0 + \varphi_К - \alpha,$$

отримуємо

$$\beta = 45^0 + \varphi_К - \left[\left(45^0 + \varphi_К - \alpha\right) - \alpha\right] = 2\alpha \qquad (2.1)$$

З цього слідує, що при повороті ВД на кут α в бік, протилежний нахилу приладу, відображений від нього промінь повернувся на кут 2α, наближаючись тим самим до оптичної вісі приладу.

Для того, щоб зображення цілі не перемістилось у поле зору приладу при нахилі його корпусу на кут $\varphi_К$, необхідно точне співпадання променю $O_1Б$ з оптичною віссю O_1O_2, тобто в межі необхідно мати $\beta = \varphi_К$. Виходячи з рівняння (2.14) знаходимо кут повороту *ВД*, при якому об'єкт спостереження залишиться нерухомою в полі зору приладу

$$\alpha = \varphi_К / 2.$$

Таким чином, для виконання умови стабілізації поля зору у вертикальній площині верхнє дзеркало приладу необхідно повертати зустрічно поворотам його основи на кут, рівний половині кута повороту приладу.

2.5.2 Принцип стабілізації поля зору у горизонтальній площині

У вихідному положенні приладу спостереження (рис. 2.15), коли кут повороту приладу відносно цілі $\psi_б = 0$, світловий промінь A потрапляє на верхнє дзеркало та, співпадаючи з оптичною віссю $O_1O_2O_3$, потрапляє в об'єктив приладу (промінь Б).

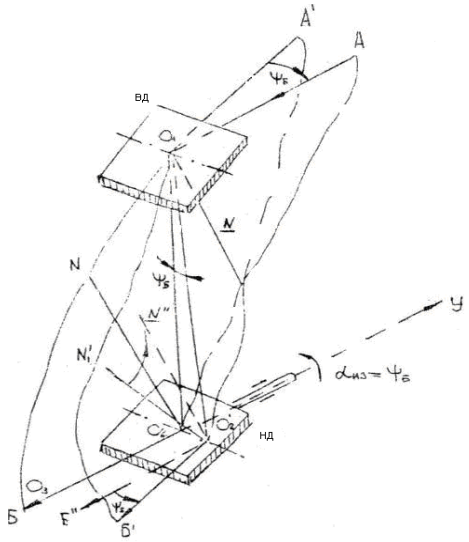


Рис. 2.15. Принцип стабілізації поля зору в горизонтальній площині

При повороті приладу в горизонтальній площині відносно цілі на кут $\psi_б$ на верхнє дзеркало падає потік косих променів A', повернутих відносно оптичної вісі AO_1 на кут $\psi_б$. Промінь O_1O_2', відображений від верхнього дзеркала та лежачий згідно законам геометричної оптики в площині $A'O_1N$, повернутої відносно площини AO_1N на кут $AO_1A' = \psi_б$, виявляється відхиленим від оптичної вісі O_1O_2 на кут $\psi_б$. Відображаючись від нижнього дзеркала, промінь O_1O_2' отримує напрямок $O_2'Б'$.

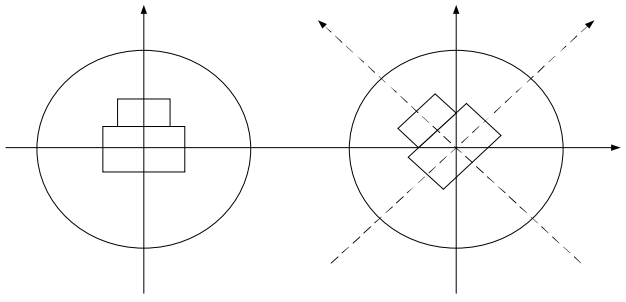
Промінь $O_2'Б'$ лежить в площині $O_1O_2'N'$, повернутій відносно площини O_1O_2N на кут $\psi_б$. З цього слідує, що промінь $O_2'Б'$ виявляється повернутим на кут $\psi_б$ відносно променю $O_2Б$ - зображення цілі змістилось в горизонтальній площині.

У зв'язку з невеликою перископічністю приладів спостереження лінійним зміщенням O_2O_2' відображеного від верхнього дзеркала променю можна знехтувати, тобто $O_2 \cong O_2'$.

Для компенсації зміщення зображення необхідно повернути нижнє дзеркало так, щоб його нормаль N' зайняла положення $N'' \cong N$, тобто повернути нормаль N' навколо точки $O_2 \cong O_2'$. Це досягається поворотом нижнього дзеркала відносно повздовжньої вісі y на кут $\alpha_{нд} = \psi_б$.

Таким чином, для виконання умови стабілізації поля зору в горизонтальній площині нижнє дзеркало приладу спостереження необхідно повертати навколо повздовжньої вісі зустрічно поворотам його основи на кут, рівний куту оберту прилада спостереження.

На рис.2.16 зображена зміна положення об'єкту при поперечних коливаннях приладу спостереження.



$\gamma = 0$ $\gamma \rangle 0\ (\gamma = 45^0)$

Рис. 2.16 Зміна положення об'єкту при поперечних коливаннях приладу спостереження

Прийнято вважати, що поперечні коливання практично не впливають на результати розпізнавання об'єктів, тому для даного випадку, а саме

наземного приладу спостереження, ми детально розглянули принципи стабілізації поля зору у вертикальній та горизонтальній площині, опускаючи розгляд принципу стабілізації у поперечній площині.

РОЗДІЛ 3
ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ СТАБІЛІЗАТОРІВ ПОЛЯ ЗОРУ

Стійкість технічних систем являється обов'язковою умовою їхнього функціонування. Разом з тим вона не повністю визначає експлуатаційні властивості систем. Аналіз роботи автоматизованої системи показує, що не дивлячись на стійкість, їхня динаміка різна. Тобто, одні технічні рішення можуть задовольняти пред'явлені потреби, інші – ні.

В загальному випадку якість роботи будь-якої автоматизованої системи визначається її точністю тобто можливістю системи підтримувати значення регульованої величини $z(t)$.

Знання миттєвого значення $z(t)$ протягом всього часу роботи автоматизованої системи дозволяє найбільш повно судити про її властивості. Проте автоматизовані системи можуть знаходитися під дією як сталих, так і змінних випадковим чином сигналів керування і зовнішніх збурень.

Тому найбільш доцільною представляється оцінка якості автоматизованих систем за їх статичними та динамічними характеристиками.

Закон керування автоматизованої системи:

$$\varphi_0 = W_x(p)\varphi_з - W_y(p)M_\Sigma \qquad (3.1)$$

де $W_x(p)$, $W_y(p)$ - передаточні функції системи

описує як перехідні процеси, що протікають в системі, так і її усталений рух.

Усталений режим буде мати місце при $t \to \infty$, коли перехідні процеси в системі стабілізації закінчаться. Тобто, усталене значення регульованої величини φ_0 може бути отримане з рівняння руху, якщо в передавальних

функціях $W_{\text{х}}(p), W_{\text{у}}(p)$ покласти оператор $p = 0$:

$$\varphi_0 = \varphi_{\text{з}} - M_{\text{у}\Sigma} / G, \tag{3.2}$$

де G - експлуатаційна жорсткість системи.

Якщо зовнішні збурення $M_{y\Sigma}$ відмінні від нуля усталене значення регульованої величини φ_0 буде відрізнятися від необхідного $\varphi_{\text{з}}$ на величину

$$\Delta\varphi = \varphi_{\text{з}} - \varphi_o = M_{\text{у}\Sigma} / G. \tag{3.3}$$

Різниця $\Delta\varphi$ між заданим і дійсним значенням регульованої величини називається статичною помилкою системи.

Статична помилка автоматизованої системи залежить не тільки від зовнішніх збурень, але й від параметрів системи – експлуатаційної жорсткості G. Тобто, змінюючи в ході експлуатації жорсткість, можна знижувати статичну помилку $\Delta\varphi$ автоматизованої системи. Чим більшою буде жорсткість системи, тим менше її статична помилка.

Зовнішні збурення, зумовлені безперервними випадковими коливаннями рухомої основи, викликають відхилення об’єкта слідкування від заданого напрямку. Ці відхилення, так само як коливання основи, мають випадковий характер і представляють собою помилку слідкування. Чим менше буде помилка, тим вище точність слідкування, тобто покращує якість системи.

Якщо представити випадкові зовнішні збурення як суму гармонічних збурень, то встановлювані в системі вимушені коливання, що являються реакцією на кожну гармоніку, можна розглянути як усталений режим. Сумуючи реакції автоматизованої системи на гармонічні складові випадкових збурень, отримаємо випадковий процес кутових відхилень системи – помилки слідкування.

Реалізації помилок $\Delta\varphi(t)$ слідкування знаходять експериментально. На основі отриманих реалізацій визначають середню квадратичну похибку σ_φ стабілізації, яка являється мірою якості системи. При обчисленні σ_φ часовий

інтервал t реалізації випадкового процесу $\Delta\varphi(t)$ розбивають на N рівних частин. Для кожного Δt_i інтервалу знаходять абсолютне значення $\Delta\varphi_i$ похибки. Згідно теорії випадкових функцій обчислюють середню квадратичну похибку стабілізації

$$\sigma_\varphi = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\Delta\varphi_i^2}\ . \qquad (3.4)$$

Точність стабілізації може бути оцінена на етапі проэктування аналітичними методами. Для цього досліднику достатньо знати амплітудно-фазову частотну характеристику системи за зовнішнім збуренням і спектральну щільність $S_{\text{у}}(\omega)$ збурюючої дії.

Спектральна щільність $S_{\Delta\varphi}(\omega)$ похибки стабілізації характеризує інтенсивність похибки за спектром частот, розраховується як

$$S_{\Delta\varphi}(\omega) = |W(j\omega)|^2 S_{\text{у}}(\omega), \qquad (3.5)$$

де $|W(j\omega)|^2$ - квадрат модуля АФЧХ системи за зовнішнім збуренням.

Як правило, спектральну щільність $S_{\Delta\varphi}(\omega)$ похибки стабілізації знаходять графоаналітичним методом. Порядок розрахунків при цьому наступний:

- визначають амплітудно-фазову частотну характеристику автоматизованої системи, використовуючи передавальну функцію $W_{\text{у}}(p)$ і заміняють в ній оператор p на уявну змінну $j\omega$:

$$W_y(p) \to W(j\omega) = P(\omega) + jQ(\omega),$$

де $P(\omega)$, $Q(\omega)$ - дійсна і уявна частини АФЧХ;

- обчислюють квадрат модуля АФЧХ за її дійсною та уявною частинами:

$$|W(j\omega)|^2 = P^2(\omega) + Q^2(\omega).$$

Задаючись частотами ω від 0 до ∞, будують график

$$|W(j\omega)|^2 = F(\omega);$$

- знаходять у спеціальному довіднику графік $S_{\text{у}}(\omega)$ спектральної щільності необхідної збурюючої дії. Такі спектральні щільності являються результатом обробки на ЕОМ реалізацій збурюючих дій, отриманих експериментально;

- накладають графік $S_{\text{у}}(\omega)$ на графік $|W(j\omega)|^2$, як показано на рис. 3.1

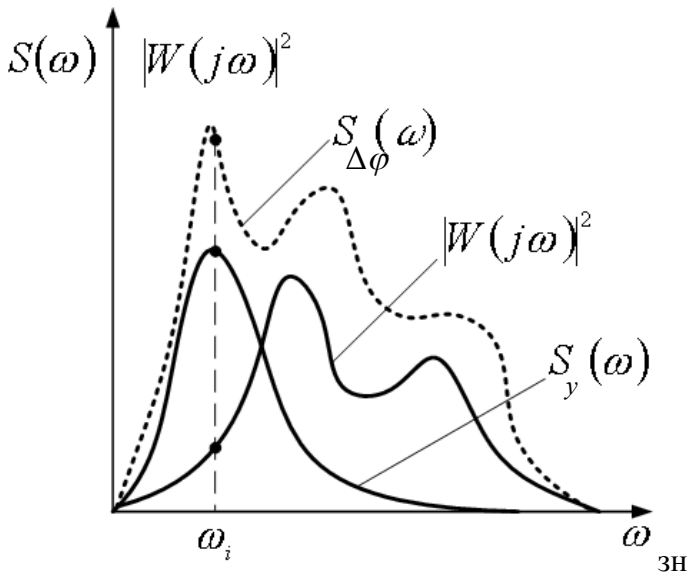


Рис. 3.1 Метод оцінки точності стабілізації

- перемножуючи однойменні ординати $S_{\text{у}}(\omega_i)$ та $|W(j\omega)|^2$ на кожній з частот ω_i, отримують графік спектральної щільності $S_{\Delta\varphi}(\omega)$ похибки стабілізації;

- знаходять середнє квадратичне значення похибки стабілізації

$$\sigma_{\text{у}} = \sqrt{2\int_0^\infty S_{\Delta\varphi}(\omega)d\omega}, \qquad (3.6)$$

де значення $\int_0^\infty S_{\Delta\varphi}(\omega)d\omega$ визначається планіметріюванням площі, обмеженої кривою спектральної щільності $S_{\Delta\varphi}(\omega)$ та віссю абсцис.

При наведенні об’єкта управління зі сталою швидкістю автоматизована система працює в усталеному режимі слідкування. Похибка (помилка) слідкування може бути знайдена на основі рівняння руху автоматизованої системи. Для цього достатньо в передавальній функції $W_{\text{х}}(p)$ покласти всі похідні , окрім перших, рівними нулю, оскільки мова йде про усталений рух зі сталою швидкістю. Розглядаючи випадки, коли зовнішні збурення $M_{\text{у}\Sigma}$ сталі, маємо:

$$\varphi_{\text{о}} = \frac{k_o G(T_{\text{о}} p + 1)}{(A_1 + k_{\text{о}} D + k_{\text{о}} G T_3) p + k_{\text{о}} G} \varphi_{\text{з}} - \frac{1}{G} M_{\text{у}\Sigma}.$$

Враховуючи, що в усталеному режимі швидкість повороту об’єкту регулювання $p\varphi_{\text{о}} = p\varphi_{\text{з}}$, після перетворень отримаємо:

$$\Theta_{\text{сл}} = \varphi_{\text{з}} - \varphi_{\text{о}} = \frac{A_1 + k_{\text{о}} D}{k_{\text{о}} G} p\varphi_o + \Delta\varphi = \Theta_{\text{ск}} + \Delta\varphi,$$

де $\Theta_{\text{ск}}$ - швидкісна похибка системи; $\Delta\varphi$ - статична похибка системи.

Зазвичай, $\Theta_{\text{ск}} >> \Delta\varphi$. Тоді, спрощуючи вираз, маємо:

$$\Theta_{\text{сл}} = (D_{\text{п}} + D) p\varphi_{\text{о}} / G = D_{\Sigma} p\varphi_{\text{о}} / G, \qquad (3.7)$$

де $D_{\text{п}} = A_1 / k_{\text{о}}$ - сталі демпфування автоматизованої системи, зумовлені наявністю внутрішніх від’ємних зворотних зв’язків; D_{Σ} - сумарне демпфування системи.

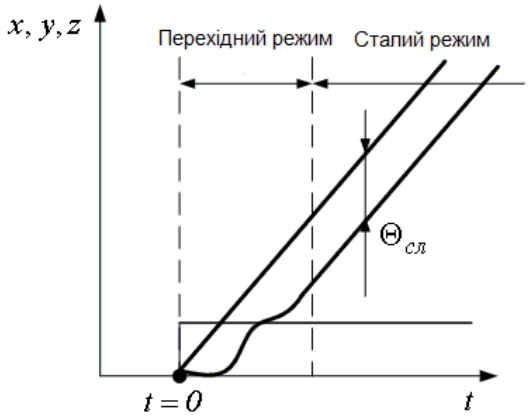


Рис. 3.2 Оцінка якості системи в режимі наведення

Таким чином, помилка слідкування, що визначає якість автоматизованої системи в режимі наведення, прямо пропорційна сумарному демпфуванню системи і швидкості слідкування, але обернено пропорційне жорсткості автоматизованої системи. Тому, при експлуатації систем необхідно враховувати, що зі збільшенням швидкості наведення, похибки слідкування будуть зростати $\Theta_{сл\,2} > \Theta_{сл1}$. Разом з тим зменшення експлуатаційного демпфування або підвищення жорсткості системи призведе до зниження похибки слідкування, покращення якості автоматизованої системи, а значить, й ефективності її застосування.

При зміненні сигналів управління або зовнішніх збурюючих дій автоматизовані системи переходять з одного усталеного режиму роботи до

іншого. Процес переходу системи з одного режиму до іншого називається перехідним режимом. Від характеру протікання процесів в значній мірі залежить оцінка якості системи та її відповідність задачам регулювання.

Розглянемо метод оцінки по перехідній функції, тобто за реакцією системи на одиничну східчасту дію, що найбільш підходить для стабілізаторів.

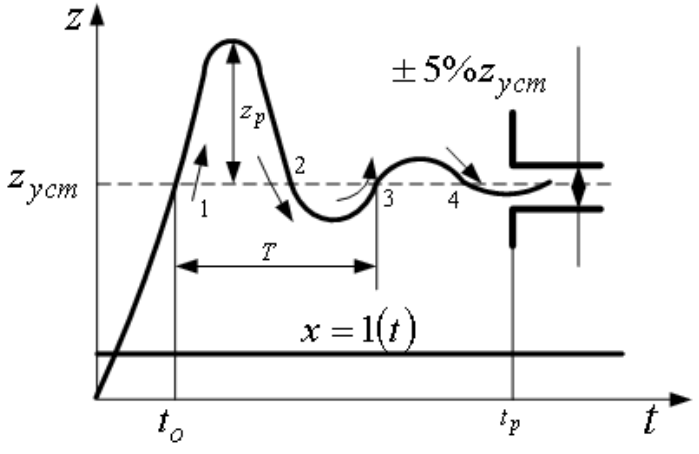


Рис. 3.3 Якість в перехідних режимах

Зазвичай за показники якості перехідного процесу приймають:

t_p - час регулювання;

z_p - перерегулювання;

t_o - час відпрацювання розузгодження;

n - кількість перебігів.

Час регулювання t_p характеризує тривалість перехідного процесу. Перехідний процес вважається закінченим, якщо відхилення $z(t)$ від усталеного значення $z_{уст}$ не перевищить $\pm 5\%$.

Час відпрацювання t_o - це час, за який регульована величина перший раз досягне усталеного значення $z_{уст}$. Для аперіодичних процесів $t_o = t_p$.

Перерегулювання z_p показує максимальне перевищення регульованої величини усталеного значення $z_{уст}$. Зазвичай перерегулювання визначається в відсотках від усталеного значення, тобто

$$z_p\% = \frac{z_p}{z_{уст}} 100\%. \qquad (3.8)$$

Величина перерегулювання характеризує перевантаження системи, які мають місце під час перехідного процесу.

Кількість перебігів_n визначає коливальність регульованої величини. Перебігом вважається перехід регульованої величини усталеного значення. На малюнку перебіги показані стрілками та пронумеровані.

Для визначення показників якості перехідного процесу необхідно мати графік перехідної функції системи. В реальних системах перехідна функція може бути отримана експериментально. При проэктуванні системи перехідну функцію можна розрахувати за відомими частотними характеристиками або методами моделювання.

При необхідності через показники коливальності можна оцінити й запас стійкості h приладної слідкуючої системи.

РОЗДІЛ 4
ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛІЗАТОРІВ ПОЛЯ ЗОРУ ПРИЛАДІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

4.1 Аналіз основних схемних рішень

Принципи стабілізації поля зору приладу спостереження можуть бути реалізовані двома способами: за рахунок механічного або електромеханічного зв'язків дзеркал з гіроскопічними датчиками кута.

Стабілізатори з механічними зв'язками називаються силовими, з електромеханічними – індикаторними. На рис.4.1 наведено класифікація стабілізаторів поля зору.

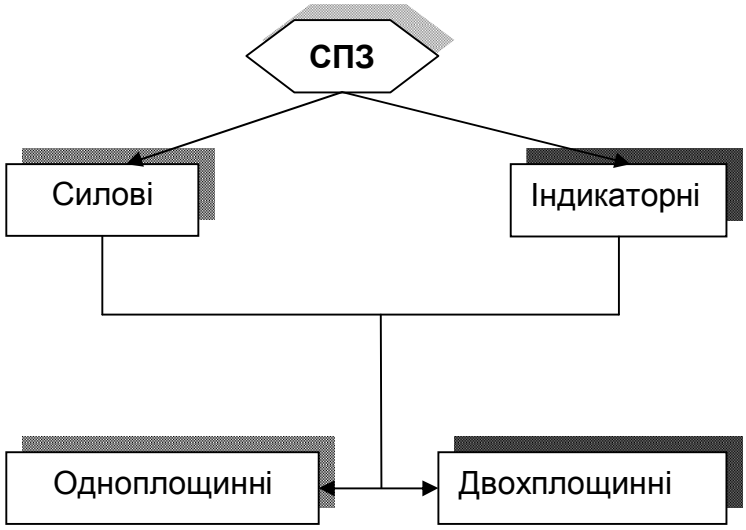


Рис. 4.1 Класифікація стабілізаторів поля зору

При силовій стабілізації поля зору приладу спостереження (рис.4.2) верхнє дзеркало за допомогою ланцюгової передачі з'єднується із зовнішньою рамкою гіроскопа. Діаметри шкивів відносяться як 1:2. Якщо тепер основу приладу разом із опорою верхнього дзеркала повернути відносно стабілізованої зовнішньої рамки гіроскопа на кут φ_K, то шків Ш2 і

пов’язане з ним верхнє дзеркало повернуться відносно нерухомого шківа Ш1 на кут $\varphi_K / 2$. Кут повороту верхнього дзеркала відносно основи приладу буде при цьому рівний $\alpha_{вд} = -\varphi_K / 2$.

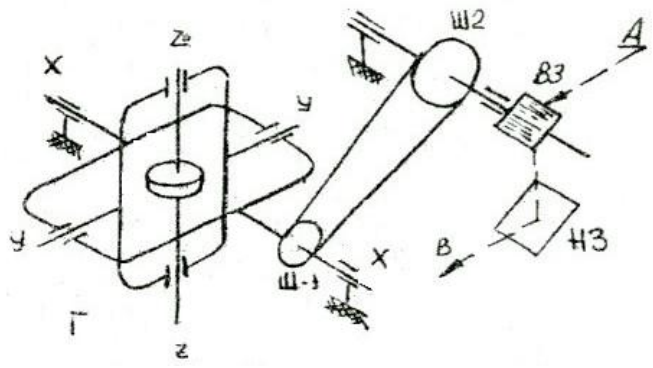


Рис. 4.2 Силовий стабілізатор поля зору у вертикальній площині

Силова стабілізація поля зору в горизонтальній площині в принципі здійснюється так само, як і у вертикальній. У цьому випадку гіроскоп встановлюється таким чином, щоб вісь його зовнішньої рамки була паралельно вісі обертання приладу. За допомогою спеціальної передачі 1:1 зовнішня рамка з’єднується з нижнім дзеркалом прилада спостереження.

Для одночасної стабілізації поля зору в двох площинах можуть використовуватись або два гіроскопічні датчики кута, або двохплощинні гіроскопічна платформа. Кінематична схема двохплощинного гіростабілізатора поля зору приведена на рис. 4.3.

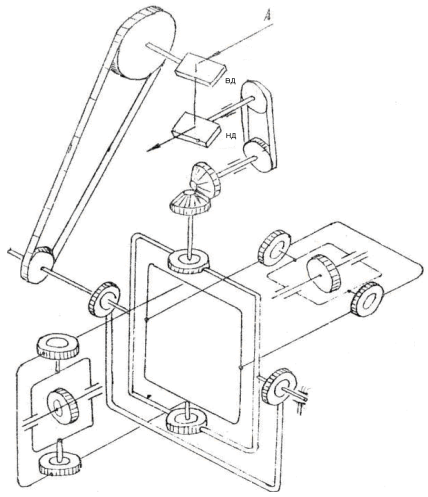


Рис. 4.3 Двохплощинний силовий стабілізатор поля зору

При русі об’єкта коливання його корпусу передаються приладу спостереження. Встановлена в ньому гірорама завдяки ознаки стійкості зберігає з певною точністю кутові положення вісей платформи та рами незмінними. Так як верхнє дзеркало кінематично пов’язане з рамою передачею 1:2, а нижнє дзеркало з платформою передачею 1:1, то при поворотах корпусу прилада повздовжньої вертикальної площини на кути $\pm\varphi_к$ та в горизонтальній на кути $\pm\psi_б$ верхнє дзеркало синхронно повертається відносно корпусу прилада спостереження на кути $\mp 0{,}5\varphi_к$, а нижнє – на кути $\mp\psi_б$. У результаті такого руху дзеркал промінь, відображений від їх поверхонь, співпадає з оптичною віссю прилада спостереження і точно направляється у вихідний зрачок окуляра, здійснюючи тим самим стабілізацію поля зору.

При індикаторній стабілізації поля зору гіроскоп та дзеркало приладу спостереження розособлені, а зв’язок між ними здійснюється через слідкуючий привод дистанційної передачі кута.

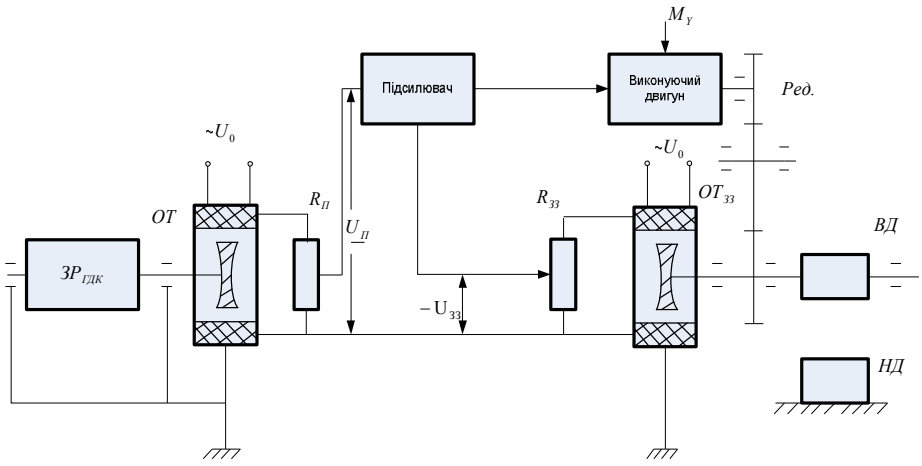


Рис.4.4 Індикаторний одноплощинний стабілізатор поля зору
$ЗР_{гдк}$ – зовнішня рамка гіроскопічного датчика кута; ОТ – обертаючийся трансформатор; П – підсилювач; ВД – виконуючий двигун; $ОТ_{зз}$ – обертаючийся трансформатор зворотнього зв’язку; Ред – редуктор; ВД – верхнє дзеркало; НД – нижнє дзеркало

До складу такої системи (рис.4.4) входять:

гіроскопічний датчик кута;

обертаючийся трансформатор $ОТ_{зз}$, ротор якого встановлений на вісі

зовнішньої рамки $ЗР_{гдк}$ гіроскопу, а статор з'єднаний з основою;

підсилювач П;

виконуючий двигун ВД;

редуктор Ред;

дзеркало ВД приладу спостереження, вісь обертання якого паралельна вісі $ЗР_{гдк}$;

обертаючийся трансформатор ОТ зворотнього зв'язку, ротор якого встановлений на вісі дзеркала ДЗ, а статор з'єднаний з основою.

Якщо спільна для дзеркала та датчика кута основа повернеться відносно вісі зовнішньої рамки $ЗР_{гдк}$, паралельній вісі обертання дзеркала ВД, то разом з основою повернеться і статор ОТ. Так як ротор ОТ залишиться разом з $ЗР_{гдк}$ нерухомим, то на виході ОТ з'явиться сигнал, пропорційний кутовому повороту основи (приладу спостереження). Цей сигнал U_y підсилюється в підсилювачі П та поступає на виконуючий двигун ВД. Останній через редуктор обертає дзеркало в напрямку, протилежному напрямку повороту основи.

Разом із дзеркалом повертається і ротор $ОТ_{зз}$, статор якого відносно основи нерухомий. Сигнал $U_{зз}$ подається на вхід приводу і діє зустрічно сигналу U_y. Крутизна характеристики $ОТ_{зз}$ вдвічі вища крутизни характеристики ОТ. Внаслідок цього при повороті ВД на кут $0.5\varphi_K$ сигнал зворотнього зв'язку $U_{зз}$ стане рівним сигналу U_y керування і відпрацювання кута припиниться – поле зору стабілізовано при повернутому приладі спостереження.

4.2 Структурно-параметричний синтез силової системи стабілізації

Основним показником якості СПЗ являється точність утримання (стабілізації) поля зору прилада спостереження при коливаннях корпусу рухомого об'єкта. Розглянемо основні чинники, що впливають на точністні характеристики СПЗ.

На рис.4.5 наведено структурна схема силового одноплощинного стабілізатора поля зору. Зв'язок гіроскопа з верхнім дзеркалом враховано безінерційною ланкою з передаточним коефіцієнтом ½. У якості вихідного сигналу розглядається кут $\alpha_{вд}$ повороту дзеркала прилада спостереження.

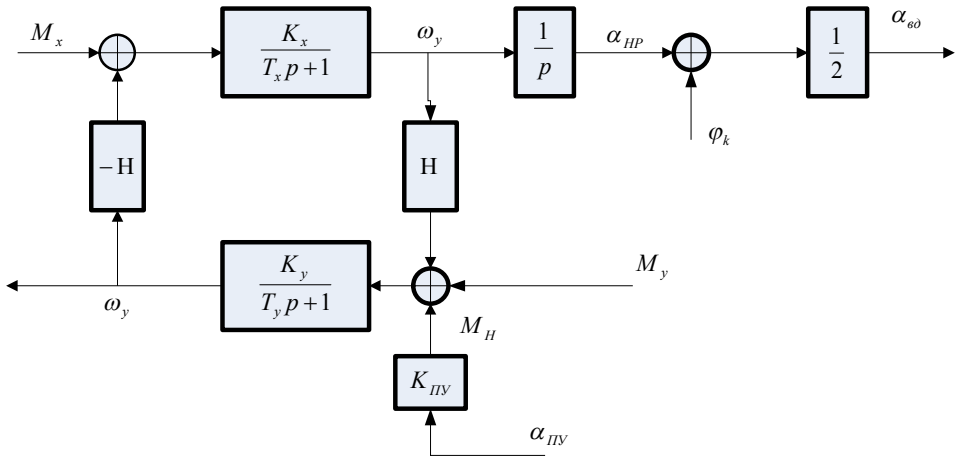


Рис. 4.5 Структурна схема силового одноплощинного стабілізатора поля зору

Розрахуємо передатну функцію за сигналом Мх

$$W_x(p)=\frac{\alpha_{ЗР}}{M_x}=\frac{\frac{K_x}{T_x p+1}\cdot\frac{1}{p}}{1+\frac{K_x}{T_x p+1}\cdot H\cdot\frac{K_y}{T_y p+1}\cdot H}=\frac{K_x(T_y p+1)\cdot\frac{1}{p}}{(T_x p+1)(T_y p+1)+K_x K_y H^2}$$

Беручи до уваги, що $T_x\langle\langle 1; T_y\langle\langle 1$ та $K_x=\frac{1}{f_x}; K_y=\frac{1}{f_y}$, маємо

$$W_x(p)=\frac{K_x\cdot\frac{1}{p}}{K_x\cdot K_y\cdot H^2}=\frac{1}{p\cdot K_y\cdot H^2}=\frac{f_y}{H^2 p}.$$

За аналогією визначаємо передатну функцію за збуренням Му

$$W_y(p)=\frac{\alpha_{ЗР}}{\mathrm{M_y}}=\frac{\frac{K_y}{T_y p+1}\cdot H\cdot\frac{K_x}{T_x p+1}\cdot\frac{1}{p}}{1+\frac{K_y}{T_y p+1}\cdot H\cdot\frac{K_x}{T_x p+1}\cdot H}=\frac{K_x\cdot K_y\cdot H\cdot\frac{1}{p}}{(T_x p+1)(T_y p+1)+K_x\cdot K_y\cdot H^2}=\frac{K_x\cdot K_y\cdot H\cdot\frac{1}{p}}{K_x\cdot K_y\cdot H^2}=\frac{1}{H\cdot p}$$

В результаті отримаємо структурну схему силового стабілізатора поля зору. Структурна схема наведено на рис.4.6.

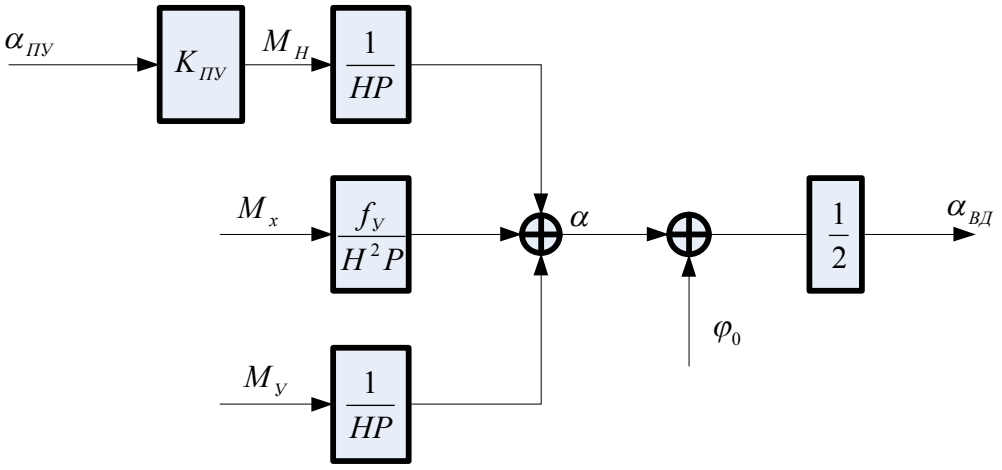


Рис.4.6 Еквівалентна структурна схема силового стабілізатора поля зору

В ідеалі (абсолютно точний СПЗ) кут повороту дзеркала повинен складати половину кута φ_0 коливань його основи

$$\alpha_{вд} = \varphi_0 / 2 .$$

Однак в реальних умовах на рамки гіроскопа діють обурюючі моменти M_x, M_y, у результаті чого зовнішня рамка буде змінювати своє початкове положення на величину кута α, вносячи тим самим деяку похибку в роботу СПЗ

$$\alpha_{вд} = (\alpha + \varphi_0)/2,$$

де α - відхилення зовнішньої рамки гіроскопа від заданого положення.

Моменти M_x, M_y, діючі на рамки гіроскопа, визначаються, як правило, тертям в їх опорах, статичною та динамічною неврівноваженістю карданових підвісів:

$$M_x = M_{тр\,x} + M_{н\,x} + M_{н\,x'};$$
$$M_y = M_{тр\,y} + M_{н\,y} + M_{н\,y'},$$

де $M_{тр\,x}, M_{тр\,y}$ - моменти тертя в опорах рамок; $M_{н\,x}, M_{н\,y}$ - статичні моменти неврівноваженості рамок; $M_{н\,x'}, M_{н\,y'}$ - динамічні моменти

неврівноваженості рамок.

Формування моментів тертя та динамічної неврівноваженості визначається роботою СПЗ на рухомій основі, тобто кутовими та лінійними коливаннями корпусу прилада спостереження. Розкриваючи значення складових моментів M_x, M_y для стабілізатора поля зору у вертикальній площині, маємо

$$M_x = f_x \rho\varphi_0 + M_{н\,x} + \alpha_z l_{н\,x} Q_{н\,x} / g,$$
$$M_y = f_y \rho\gamma_к + M_{н\,y} + \alpha_x l_{н\,y} Q_{н\,y} / g,$$

де $Q_н l_н$ - неврівноваженість карданового підвісу; $\rho\varphi_0$ - швидкість коливань основи у вертикальній площині; $\rho\gamma_к$ - швидкість коливань основи у поперечній площині; α_z - вертикальне лінійне прискорення; α_x - поперечні лінійні прискорення.

Беручи до уваги передаточні функції СПЗ по кожному із обурюючих моментів, знаходимо помилку гіроскопічного задатчика

$$\alpha = \frac{f_y}{H^2 p} M_{н\,x} + \frac{1}{Hp} M_{н\,y} + \frac{f_x f_y}{H^2} \varphi_0 + \frac{f_y}{H} \gamma_к + \frac{f_y Q_{н\,x} l_{н\,x}}{H^2 gp} \alpha_z + \frac{Q_{н\,y} l_{н\,y}}{H^2 gp} \alpha_x.$$

Необхідно зазначити, що моменти неврівноваженості $M_{н\,x}, M_{н\,y}$ діють на рамки гіроскопа постійно, викликаючи наростаюче уведення дзеркала прилада спостереження. Швидкість такого уведення невелика, а кут уведення може періодично ліквідуватися наводчиком.

Кутові відхилення зовнішньої рамки, що визначаються кутовими $\varphi_0, \gamma_к$ та лінійними α_x, α_z коливаннями основи, являються випадковими функціями часу і визначають власне помилку гіроскопа-задатчика, а отже, і СПЗ в цілому.

Знання спектральних щільностей кутових коливань і лінійних прискорень дозволяє знайти ймовірнісні характеристики кожної із складових

помилки СПЗ, а по ним визначити середньоквадратичне значення сумарної помилки стабілізатора

$$\sigma_{\text{спз}} = \frac{1}{2}\sigma_\alpha = \frac{1}{2}\sqrt{\sigma_\alpha^2(\varphi_0) + \sigma_\alpha^2(\gamma_к) + \sigma_\alpha^2(\alpha_z) + \alpha_\alpha^2(\alpha_x)}.$$

4.3 Структурно-параметричний синтез індикаторної системи

Структурна схема індикаторного СПЗ приведена на рис. 4.7. Тут ГДУ – гіроскоп-задатчик; $k_{\text{от}}, k_{\text{п}}, k_{\text{д}}, k_{\text{отзз}}$ - передаточні коефіцієнти обертаючогося трансформатора, підсилювача, виконуючого двигуна, обертаючогося трансформатора зворотнього зв'язку та редуктора; $\text{Т}_Д$ - стала часу виконуючого двигуна; $\alpha_{ВЗ}$ - кут повороту дзеркала приладу спостереження.

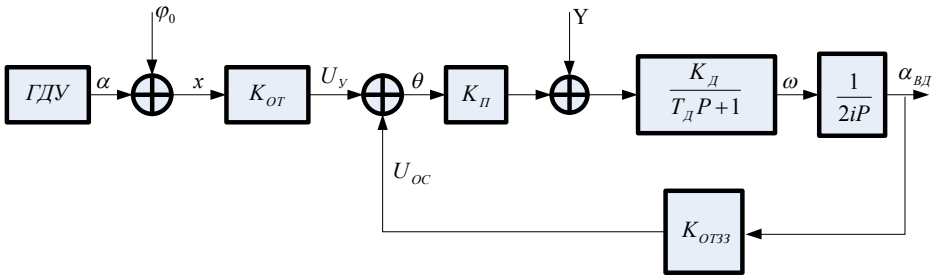


Рис. 4.7 Структурна схема індикаторного стабілізатора поля зору

У відповідності зі структурною схемою знаходимо передаточні функції СПЗ:

$$W_x(p) = \frac{\alpha_{\text{вд}}}{x} = \frac{k_{\text{от}}/k_{\text{отзз}}}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}; \qquad (4.1)$$

$$W_y(p) = \frac{\alpha_{\text{вд}}}{y} = \frac{1/k_{\text{отзз}} k_y}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}; \qquad (4.2)$$

де $T_2 = \sqrt{\frac{T_{\text{д}} i}{k_y k_{\text{д}} k_{\text{отзз}}}}$; $T_1 = \frac{i}{k_y k_{\text{д}} k_{\text{отзз}}}$; $\frac{k_{\text{от}}}{k_{\text{отзз}}} = \frac{1}{2}$;

Таким чином, по своїм динамічним ознакам індикаторний СПЗ являється інерційною ланкою другого порядку.

На основі рівнянь (4.1), (4.2) визначаємо кут повороту дзеркала після затухання перехідного процесу

$$\alpha_{\text{вд}}\Big|_{уст} = \frac{1}{2}(\alpha + \varphi_0) + \frac{1}{k_{\text{отзз}} k_y} y.$$

Отже, помилка індикаторного СПЗ визначається: відхиленнями α рамки гіроскопа-задатчика

$$\sigma_1 = \sigma_\alpha / 2$$

і статичною помилкою слідкуючої системи передачі кута

$$\theta = \frac{1}{k_{\text{отзз}} k_y} y.$$

У режимі слідкування за об'єктом спостереження помилки стабілізатора збільшуються на величину помилки $\theta_{сл}$ слідкування

$$\alpha_{\text{спз}} = \sigma_\alpha / 2 + \theta + \theta_{сл.}$$

Знання основних причин виникнення помилок у системах стабілізації поля зору дозволяє приймати відповідні міри по забезпеченню вимагаючої точності систем.

Зробивши аналіз обох розглянутих принципів стабілізації поля зору (індикаторного та силового) можна зробити порівняльний висновок, суть якого полягає в тому, що індикаторний принцип стабілізації завжди гірший за силовий, адже індикаторний стабілізатор поля зору у своєму складі має слідкуючий привод дистанційної передачі кута, через що збільшується кількість помилок, тому кращими для застосування являються силові стабілізатори підвищеної точності.

4.4 Розробка алгоритмів функціонування силової двохплощинної системи керування та стабілізації поля зору

Так як силові стабілізатори поля зору за рахунок відсутності слідкуючого приводу дистанційної передачі кута дають менше помилок, то

слід розглянути даний стабілізатор на базі двохплощинних гіроскопічних рам. На рис. 4.8 та 4.9 зображені двохплощинні гірорами.

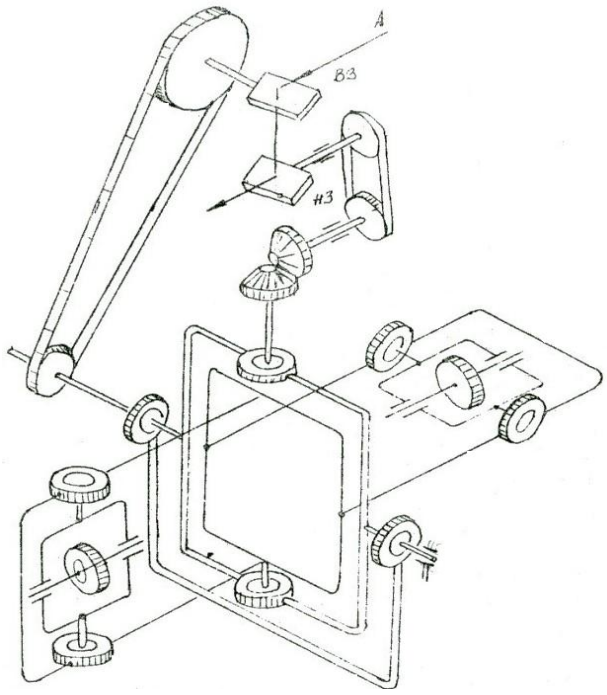


Рис. 4.8 Двохплощинний стабілізатор поля зору

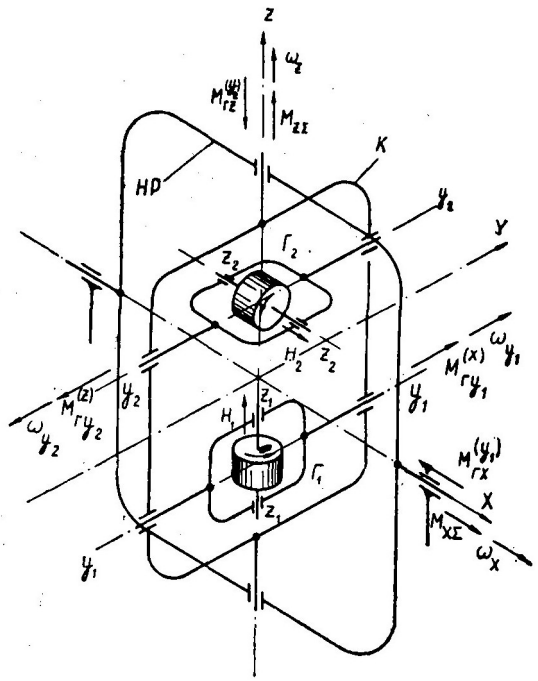


Рис. 4.9 Кінематична схема двохплощинної гірорами

Гірорама складається із наружної рами НР, корпусу К та двох двохстепеневих гіроскопів Γ_1 та Γ_2, встановлених у корпусі. Наружна рама встановлена у опорах основи та має одну степінь свободи – обертання навколо вісі X. Корпус гірорами має дві степені свободи: обертання навколо вісі Z та обертання навколо вісі X разом із наружною рамою. Ротори гіроскопів Γ_1 та Γ_2 взаємно перпендикулярні: вісь ротора гіроскопу Γ_1 співпадає з віссю Z, а вісь ротора гіроскопа Γ_2 паралельні вісі X гірорами.

Гіроскопи Γ_1 та Γ_2, як правило, конструктивно однакові, тобто їх кінетичні моменти, моменти інерції та моменти тертя в опорах рамок рівні ($H_1=H_2=H$; $J_{y1} = J_{y2} = J$ та $f_1 = f_2 = f_z$).

Внаслідок вказаної орієнтації вісей двохплощинна гіроскопічна рама еквівалентна двом трьохстепеневим гіроскопам. Важливо відмітити, що рух наружної рами відносно вісі X практично не впливає на гіроскоп Γ_2, так як вісь X паралельна вісі Z_2, а $\Omega_{p2} \rangle\rangle \omega_x$. Таким же чином рух корпусу відносно вісі Z практично не впливає на гіроскоп Γ_1, так як вісі Z та Z_1 співпадають, а $\Omega_{p1} \rangle\rangle \omega_z$.

Розглянемо роботу двохплощинної гірорами. Припустимо, що повздовжні кутові коливання корпусу прилада спостереження утворюють на наружній рамі гірорами момент M_x, що викликає вимушений рух наружної рами разом із корпусом зі швидкістю ω_x. Швидкість ω_x, не впливаючи на гіроскоп Γ_2, викличе на рамці гіроскопу Γ_1 гіроскопічний момент $M_{\Gamma y1}^{(x)} = H_1\omega_x$. Розпочнеться прецесійний рух рамки гіроскопу Γ_1 з деякою швидкістю ω_{y1}, що, у свою чергу, призведе до утворення гіроскопічного моменту $M_{\Gamma x}^{(y1)} = H_1\omega_{y1}$, який передається через опори корпусу на наружну рамку, протидіючи збуджуючомуся моменту M_x. У результаті момент, діючий на наружну раму гірорами, зменшиться і буде рівний $\Delta M_x = M_x - M_{\Gamma x}^{(y1)} = M_x - H_1\omega_{y1}$. При досить великому кінематичному моменті гіроскопа Γ_1 гіроскопічний момент $M_{\Gamma x}^{(y1)}$ майже повністю компенсує дію

збуджуючого моменту M_x. Наружна рама залишається практично нерухомою, а рамка гіроскопу Γ_1 буде прецесувати.

Таким чином, двохплощинна гірорама при повздовжніх кутових коливаннях корпусу прилада спостереження працює точно так, як трьохстепеневий гіроскоп датчика кута.

При горизонтальних кутових коливаннях приладів спостереження на корпус гірорами діє збуджуючий момент M_z. Швидкість ω_z змушеного руху рами, не впливаючи на гіроскоп Γ_1, створить на рамці гіроскопа Γ_2 гіроскопічний момент $M_{Гy2}^{(z)} = H_1\omega_{2(')z}$.. Під дією цього моменту рамка гіроскопу Γ_2 почне прецесувати з деякою швидкістю ω_{y2}, а на корпусі гірорами створиться гіроскопічний момент $M_{Гz}^{(y2)} = H_2\omega_{y2}$., що протидіючий збуджуючому моменту M_z. У результаті момент, діючий на корпус, буде рівний $\Delta M_z = M_z - M_{Гz}^{(y2)} = \mathrm{M}_z - H_2\omega_{y2}$., швидкість змушеного руху корпуса зменшиться (корпус буде стабілізуватись відносно вісі Z), а рамка гіроскопу Γ_2 буде прецесувати. Таким чином, двохплощинна гірорама при горизонтальних кутових коливаннях корпусу прилада працює так само, як трьохстепеневий гіроскоп датчика кута.

З цього слідує, що кожну площину двохплощинної гірорами у першому приближенні можна розглядати окремо, як найпростіший трьохстепеневий гіроскоп.

Структурна схема двохплощинної гірорами приведена на рис. 4.10. Схема складена для двох однакових за конструкцією гіроскопів Γ_1 та Γ_2.

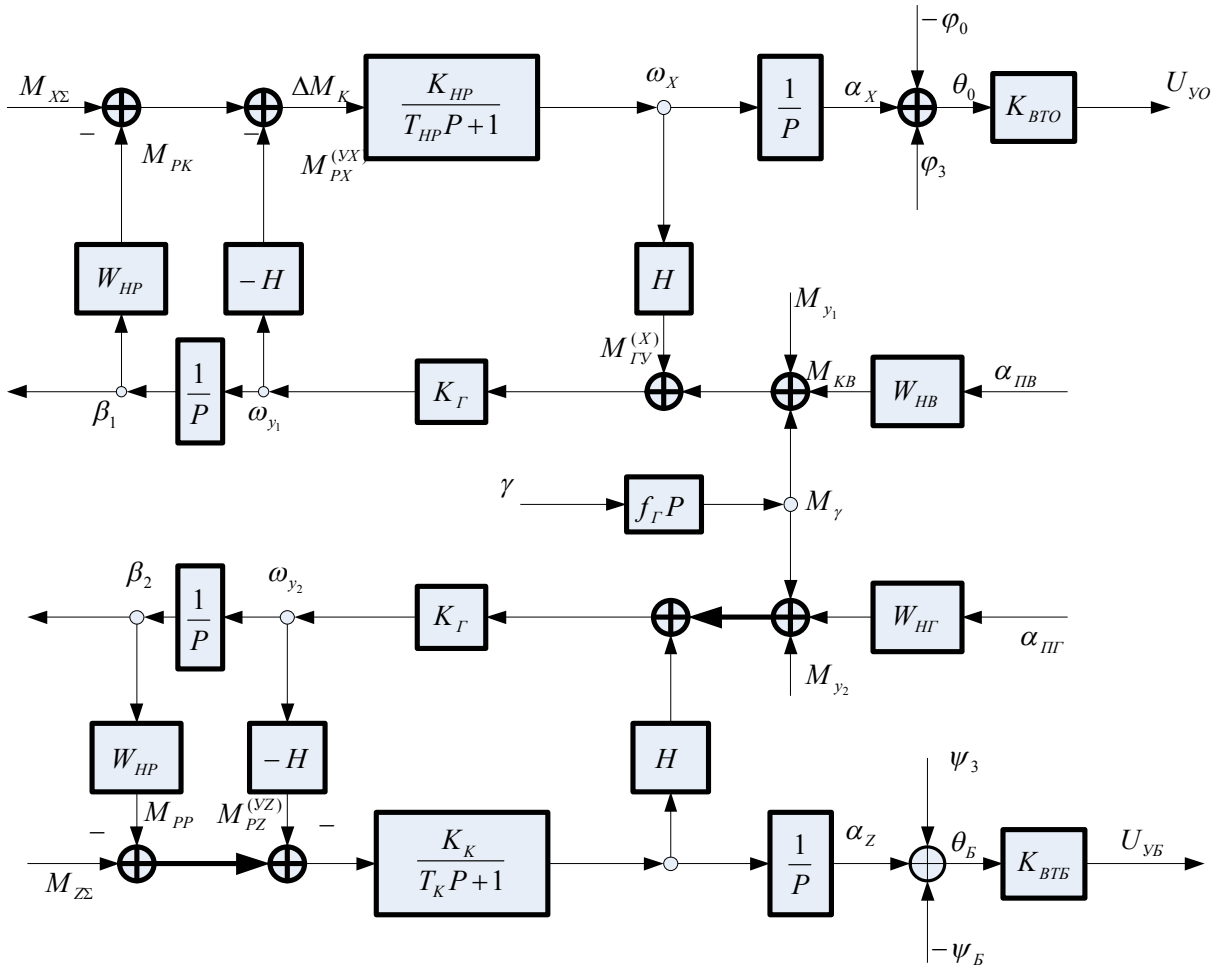


Рис. 4.10 Структурна схема двохплощинної гірорами

На схемі прийняті об означення:

$K_{H.P.} = \frac{1}{f_{H.P.}}$ - передаточний коефіцієнт наружної рамки;

$K_k = \frac{1}{f_k}$ - передаточний коефіцієнт корпусу гірорами;

$T_{H.P.} = \frac{J_{H.P.}}{\mathrm{f_{H.P.}}}$ - постійна часу наружної рами;

$T_k = \frac{J_k}{\mathrm{f_k}}$ - постійна часу корпусу;

$J_{H.P}$ та J_k - приведені до вісей X і Z моменти інерцій, враховуючі існування зв'язаних з гірорамою дзеркал;

$f_{H.P.}$ та f_k - приведені значення коефіцієнтів в'язкого тертя;

$K_Г = \dfrac{1}{f_Г}$ - передаточний коефіцієнт гіроскопів. (Прийнято, що постійні часу корпусу та наружної рами багато більше постійних часу гіроскопів $T_{Г1} = \dfrac{J_{y1}}{f_1}$ та $T_{Г2} = \dfrac{J_{y2}}{f2}$ їх можна не враховувати, вважаючи гіроскопи безінерційними);

$W_{Н.Р.}(p)$ та $W_k(p)$ - передаточні функції систем розвантаження;

$W_{Н.В.}(p)$ та $W_{Н.Г.}(p)$ - передаточні функції систем наведення.

Відповідно до структурної схеми був проведений аналіз помилок гіроскопічної рами при роботі на рухомій основі (аналогічно главі 4).

Відметимо, що на роботу найпростішого гіроскопічного датчика кута та двохплощинної гіроскопічної рами значно впливають поперечні кутові коливання корпусу рухаючогося прилада спостереження. Моменти, утворені в результаті поперечних коливань, призводять до збільшення помилок гіроскопічних датчиків, а отже, знижують точність стабілізації поля зору.

Від вказаного недоліку вільна двохплощинна гірорама з просторовим шарніром, кінематичні схеми якої зображені на рис.4.11.

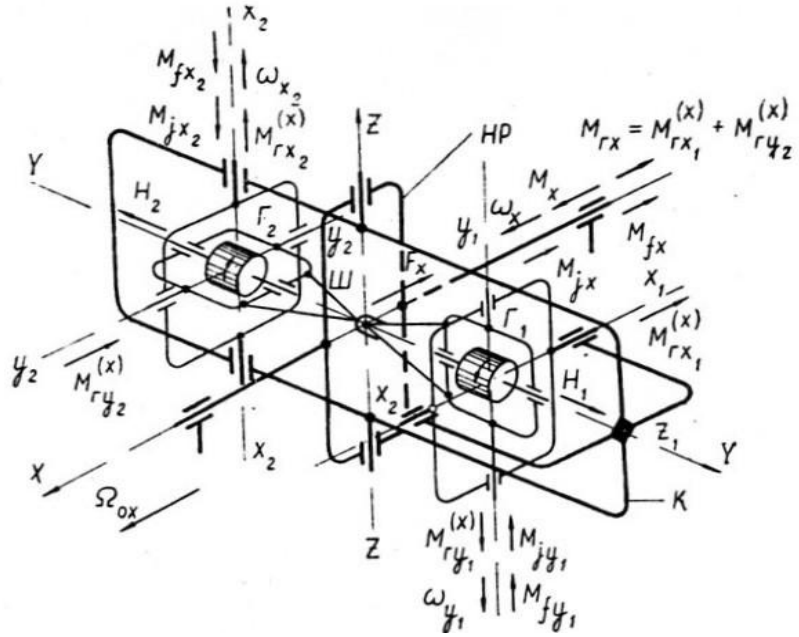


Рис.4.11 Робота двохплощинної гірорами з просторовим шарніром: а – при стабілізації відносно вісі X

Гірорама складається із наружної рами НР, корпусу К та двох однакових трьохстепеневих гіроскопів Γ_1 та Γ_2, встановлених у корпусі гірорами. Корпус гірорами має дві степені свободи – обертання навколо вісі X у опорах наружної рами та обертання навколо вісі Z разом із наружною рамою, що рухомо закріплена на основі. Гіроскоп Γ_1 встановлений так, що вісь x_1 його наружної рамки параллельна вісі X, а вісь y_1 внутрішньої рамки паралельна вісі Z гірорами. Гіроскоп Γ_2 по відношенню до гіроскопа Γ_1 повернутий навколо вісі Y гірорами на 90°. Вісь x_2 його наружної рамки паралельна вісі Z, а вісь y_2 внутрішньої рамки паралельна вісі X гірорами. Ротори гіроскопів обертаються в протилежні сторони. Отже, вектори кінематичних моментів H_1 та H_2 гіроскопів направлені зустрічно.

Внутрішні рамки гіроскопів пов'язані між собою просторовим шарніром Ш та можуть повертатися відносно вісей гіроскопів тільки з однаковою швидкістю та тільки в протилежні сторони.

Поперечні коливання практично не впливають на роботу гірорами, так як швидкість кутових поперечних коливань багато менше швидкості обертання роторів гіромоторів.

На рис. 4.12 зображена структурна схема гірорами з просторовим шарніром.

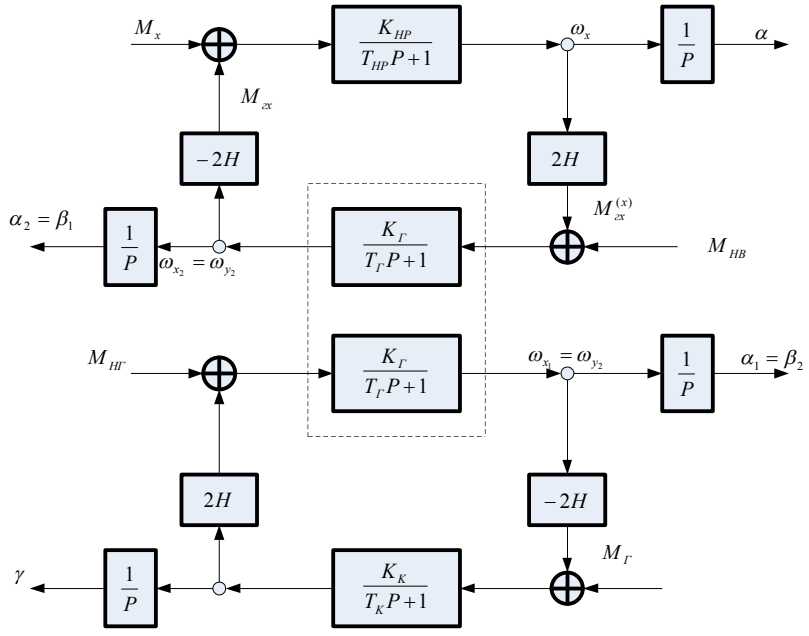


Рис.4.12 Структурна схема гірорами з просторовим шарніром

$K_{Н.Р.} = \frac{1}{f_{Н.Р.}}$ - передаточний коефіцієнт наружної рами;

$T_{Н.Р.} = \frac{J_{Н.Р.}}{f_{Н.Р.}}$ - постійна часу наружної рами.

Порівняння структурної схеми гірорами при стабілізації відносно вісі X зі структурною схемою трьохстепеневого гіроскопу показує, що гірорама з просторовим шарніром еквівалентна трьохстепеневому гіроскопу з подвійним кінематичним моментом.

Роль внутрішньої рамки виконують зв'язані шарніром гіроскопи, кінетичні моменти яких сумуються.

Отже, краще використовувати систему стабілізації поля зору на базі двохплощинної гіроскопічної рами з просторовим шарніром.

РОЗДІЛ 5
ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ РОЗВАНТАЖЕННЯ ПІД ЧАС ПРОЄКТУВАННЯ СПЗ

На рамки гірорами постійно діють зовнішні моменти, зумовлені коливаннями основи, моменти тертя в опорах і моменти, зумовлені небалансом рамок, який завжди має місце в реальних конструкціях. З метою забезпечення точності роботи і компенсації впливу на гіроскопічну раму зовнішніх збурень в її склад вводять систему розвантаження. Ефективність системи розвантаження в значній мірі визначає якість функціонування всієї системи стабілізації поля зору.

Структурна схема гіроскопічної рами з системою розвантаження для однієї площини стабілізації приведена на рис.5.1.

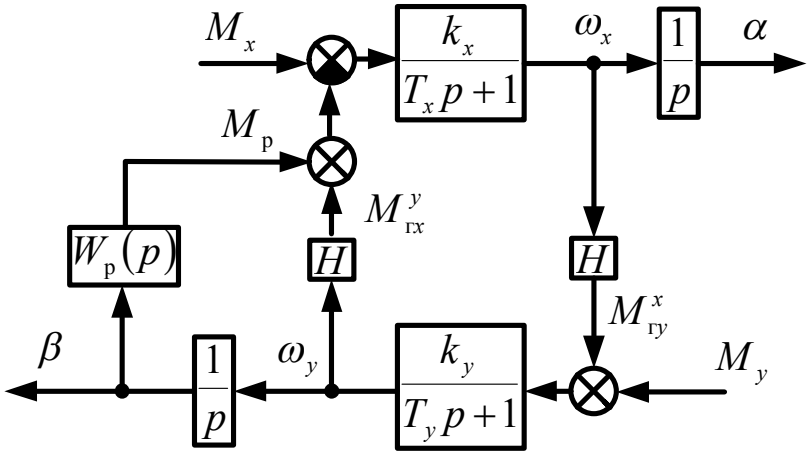


Рис.5.1 Структурна схема гірорами з системою розвантаження

На схемі прийняті наступні позначення: M_x, M_y - зовнішні моменти, діючі на рамки гірорами; α, β - кути повороту рамок; k_x, k_y - передаточні коефіцієнти рамок; T_x, T_y - постійні часу рамок; H - кінетичний момент

гіроскопа; $M_{\text{гу}}^{x}, M_{\text{гх}}^{y}$ - гіроскопічні моменти; $M_{\text{р}}$ - момент розвантаження.

Передаточна функція системи розвантаження $W_{\text{р}}(p)$ показана на структурній схемі в загальному вигляді і повинна визначатися для кожного конкретного випадку в залежності від передаточних функцій елементів, що входять в систему. Зазвичай намагаються максимально зменшити інерційність системи розвантаження і по можливості збільшити її передаточний коефіцієнт з тим, щоб найбільш повно компенсувати дію зовнішніх збурюючих моментів.

Розглянемо випадок, коли система розвантаження безінерційна і її передаточна функція має вигляд:

$$W_{\text{ð}}(p) = \frac{M_{\text{р}}}{\beta} = k_{\text{р}},$$

де $k_{\text{р}}$ - передаточний коефіцієнт системи розвантаження.

Передаточні функції гірорами з безінерційною системою розвантаження, визначені відносно вказаних збурень, приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Передаточні функції гірорами з безінерційною системою розвантаження

Дії на гірораму	Реакції рамок	
	$\alpha = \frac{\omega_{\text{ð}}}{p}$	$\beta = \frac{\omega_y}{p}$
Момент M_x, діючий на зовнішню рамку	$\frac{f_y}{Hk_{\text{р}}} \cdot \frac{T_y p + 1}{\frac{H}{k_{\text{р}}} pA(p) + 1}$	$\frac{1}{k_{\text{р}}} \cdot \frac{1}{\frac{H}{k_{\text{р}}} pA(p) + 1}$
Момент M_y, діючий на внутрішню рамку	$-\frac{1}{Hp} \cdot \frac{\frac{H}{k_{\text{р}}} p + 1}{\frac{H}{k_{\text{р}}} pA(p) + 1}$	$\frac{f_x}{Hk_{\text{р}}} \cdot \frac{T_x p + 1}{\frac{H}{k_{\text{р}}} pA(p) + 1}$
Характеристичний многочлен гірорами без системи розвантаження		
$A(p) = \frac{T_x T_y}{1 + k_x k_y H^2} p^2 + \frac{T_x + T_y}{1 + k_x k_y H^2} p + 1$		

Аналіз представлених даних показує, що для зменшення помилок гіроскопічної рами доцільно збільшувати статичний передаточний коефіцієнт системи розвантаження. Однак при виборі передаточного коефіцієнта K_p системи розвантаження по куту β слідує пам'ятати, що його максимальна величина обмежена умовами стійкості гірорами, рамки якої володіють певною J_x, J_y інерційністю.

Якщо врахувати, що $T_x = \frac{J_x}{f_x}$ та $T_y = \frac{J_y}{f_y}$, де f_x, f_y - коефіцієнти тертя в опорах рамок, то навіть при безінерційній системі розвантаження гірорама буде описуватися диференційним рівнянням третього порядку. Характеристичний многочлен гірорами при наявності системи розвантаження має вигляд:

$$A_\Gamma(p) = \frac{H}{k_p} \cdot \frac{T_x T_y}{1 + k_x k_y H^2} p^3 + \frac{H}{k_p} \cdot \frac{T_x + T_y}{1 + k_x k_y H^2} p^2 + \frac{H}{k_p} p + 1$$

Згідно критерію І.О.Вишнеградського, гірорама з безінерційною системою розвантаження буде стійкою, якщо має місце нерівність:

$$\left(T_x + T_y\right) H \rangle\ T_x T_y k_{\text{р}}.$$

Отже, границя стійкості визначається рівнянням:

$$k_{\text{р max}} = H\left(\frac{1}{T_x} + \frac{1}{T_y}\right).$$

При постійних значеннях T_x і T_y, що визначаються параметрами гірорами, область стійкості в площині параметрів $k_{\text{р}}$ і H має вигляд, представлений на рис.5.2,*а*. Максимальне значення передаточного коефіцієнта системи розвантаження відповідає точці А перетину прямих $H_N = const$ і $H = k_{\text{р}} \text{tg} h$. Границя стійкості в області параметрів $k_{\text{р}}$ і T_x (або T_y) при $H = const$ дана на рис.5.2,*б*.

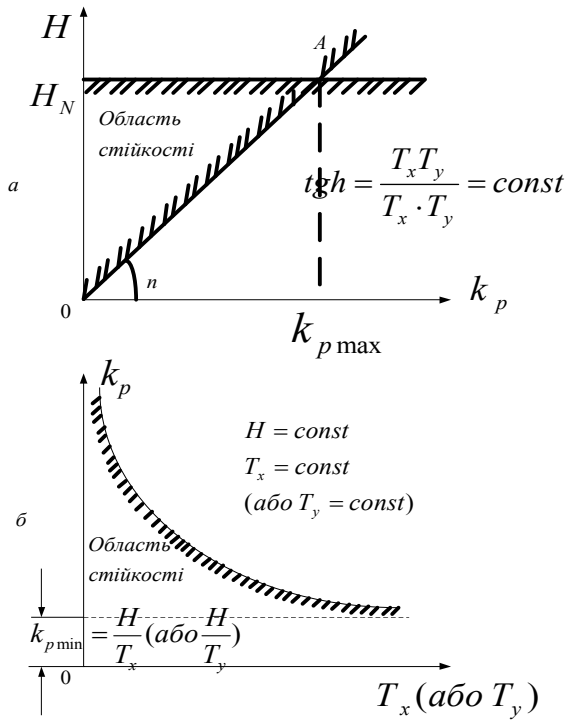


Рис.5.2 Області стійкості гірорами з безінерційною системою розвантаження:
а – у площині $H - k_p$; б – у площині $k_p - T_x (або\ \mathrm{T_y})$

Приведені на рис.5.2 границі стійкості показують, що допустиме значення передаточного коефіцієнту системи розвантаження суворо обмежено. Тому при розрахунку системи розвантаження завжди необхідна перевірка гірорами на стійкість, так як будь-яке збільшення інерційності рамок або зменшення кінетичного моменту гіромотора приводить до зменшення області стійкості та вимагає відповідного зменшення максимального значення передаточного коефіцієнту k_p системи розвантаження.

Дослідження реальних систем розвантаження, передаточні функції котрих, як правило, не містять ідеальних диференціюючих та інтегруючих ланок, підтверджує отримані дані.

Проведений вище аналіз гірорами з системою розвантаження дає змогу зробити наступні загальні висновки:

1. Усталені значення кутів відхилення рамок гірорами з системою розвантаження обернено пропорційні статичному передаточному коефіцієнту

системи розвантаження, причому вимушені відхилення як і раніше значно менше прецесійних.

2. Величина статичного передаточного коефіцієнта системи розвантаження суворо обмежена умовами стійкості гіроскопічної рами. Зниження запасу стійкості може явитися причиною виникнення автоколивань і вібрацій.

3. Забезпечення високої точності роботи гіроскопічної рами може бути досягнуто тільки при раціональному поєднанні її власних параметрів і параметрів системи розвантаження.

Отже, беручи до уваги викладене вище краще використовувати систему стабілізації поля зору на базі двохплощинної гіроскопічної рами з просторовим шарніром та з безінерційною системою розвантаження.

РОЗДІЛ 6
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ

У даний час роботи, пов’язані з дослідженням та проєктуванням сучасних систем управління, складають одну з основних компонент сучасного науково-технічного прогресу. У свою чергу, існуючі концепції проєктування великих систем висувають на перший план комплексну автоматизацію процесу проєктування, яка неможлива без впровадження ПЕОМ. Це обумовлено тим, що великі об’єми розрахунків на всіх етапах проєктування складних технічних систем, у тому числі СПЗ, можна провести лише за допомогою сучасних швидкодіючих засобів обчислювальної техніки. Останні, таким чином, являються невід'ємною частиною проєкту. При цьому масштаби використання обчислювальної техніки постійно збільшуються по мірі переходу від ранніх етапів проєктування до більш пізніх – розробка, аналіз і синтез, оптимізація математичних моделей.

Важливість програмного забезпечення стає очевидною з того факту, що вартість його розробки, за оцінками різних авторів, на порядок і більше перевищує вартість апаратури ПЕОМ, для якої це забезпечення призначено.

Більше того, розробка програмного забезпечення проводиться значно повільніше, ніж розробка апаратурних засобів автоматизації, і потребує інтенсивних додаткових трудових витрат на доведення та супровід.

Враховуючи всі ці фактори, стає ясною доцільність створення спеціалізованого математичного забезпечення, орієнтованого на машинне проєктування сучасних систем автоматичного керування.

6.1 Обгрунтування критеріїв якості при автоматизації досліджень

У даний час у теорії автоматичного регулювання розроблена велика кількість критеріїв оцінки якості систем. Усі вони можуть бути зведені в чотири основні групи:

критерії точності, дозволяючі оцінити якість за величинами помилок регулювання в різних режимах роботи;

критерії швидкодії, характеризуючі реакцію системи на задаючі та обурюючі дії;

критерії запасу стійкості, що встановлюють, наскільки далеко від межі стійкості знаходиться система;

комплексні критерії, що дають оцінку узагальнених властивостей і враховують одночасно точність, запас стійкості, швидкодію.

Використання того чи іншого критерію визначається задачами досліджень (проєктування) або об'ємом вимагаємої інформації.

Найважливішою з них слід вважати визначення умов, при яких процеси регулювання та керування будуть стійкими.

Практично всі відповіді на вищеприведені питання дає застосування частотних критеріїв.

У роботі для оцінки якості регульованого СПЗ використовувались його частотні характеристики:

амплітудно-фазово частотна характеристика замкнутої системи

$$W(j\omega) = \frac{W_{\text{п}}(j\omega)}{1 + W_{\text{п}}(j\omega)W_{\text{ос}}(j\omega)} = \frac{W_{\text{п}}(j\omega)}{1 + W_{\text{р}}(j\omega)} =$$

$$= A_m(\omega) \cdot e^{j\varphi(\omega)} = P(\omega) + jQ(\omega)$$

амплітудно-фазово частотна характеристика розімкненої системи

$$W_{\text{р}}(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega).$$

Використання частотних характристик для аналізу якості системи засноване на взаємозв'язку між перехідним процесом у системі,

обумовленим одиничною східчатою дією, та її частотними характеристиками.

Як відомо, перехідна характеристика замкнутої системи може бути визначена на основі інтегралів Фурьє:

$$H(t) = \frac{A_m(0)}{2} + \frac{1}{\pi}\int_0^{\infty} \frac{A_m(\omega)}{\omega} \sin[\omega t + \varphi(\omega)] d\omega$$

$$H(t) = P(0) + \frac{2}{\pi}\int_0^{\infty} \frac{Q(\omega)}{\omega} \cos \omega t d\omega$$

$$H(t) = \frac{2}{\pi}\int_0^{\infty} \frac{P(\omega)}{\omega} \sin \omega t d\omega$$

де $A_m(\omega)$— амплітудна; $P(\omega)$ — дійсна та $Q(\omega)$ — уявна частотні характеристики замкнутої системи.

Таким чином, знаючи одну із частотних характеристик СПЗ, можна визначити криву перехідного процесу, а по ній визначити показники його якості в динаміці.

Необхідно зазначити, що, навіть не визначаючи перехідної характеристики $H(t)$, а тільки за виглядом частотних характеристик замкнутої системи – амплітудно-частотної $A_m(\omega)$, речовинної частотної $P(\omega)$ або уявної частотної $Q(\omega)$, а також амплітудно-фазової частотної характеристики розімкненої системи $W_{\text{р}}(j\omega)$, можна приблизно оцінити її якість. Як показав аналіз літературних джерел, ця властивість широко застосовується при синтезі систем автоматичного регулювання, коли необхідні показники якості в проєктуючій системі досягаються шляхом введення різноманітних корегуючих пристроїв.

Застосовуючи наближені методи оцінки якості, можна спростити розрахунки, пов’язані з визначенням перехідної функції $H(t)$.

Найчастіше для оцінки якості використовуються речовинна частотна $P(\omega)$ та амплітудно-частотна $A_m(\omega)$ характеристика замкнутої системи,

амплітудно-фазова частотна $W_{\text{р}}(j\omega)$ та логарифмічні $L(\omega)$, $\varphi(\omega)$ характеристики розімкненої системи.

При дослідженні якості СПЗ іноді можуть виникати питання лише по окремим характерним показникам перехідного процесу – часу регулювання, перерегулюванню тощо. В таких випадках дослідження доцільно проводити на основі непрямих критеріїв. До їх числа відносяться, зокрема, інтегральні критерії.

Інтегральні оцінки мають за мету дати сукупну оцінку швидкості затухання та величини відхилення регульованої величини.

Вони дозволяють судити про якість управління шляхом обчислення інтегралів від деяких функцій регульованої величини $z(t)$:

$$I = \int_0^\infty F\{z(t)\}dt.$$

Функція F обирається таким чином, щоб значення певного інтегралу від цієї функції за часом від 0 до $+\infty$ було однозначно пов'язане з якістю перехідного процесу. В той же час даний інтеграл повинен порівняно просто обчислюватись через коефіцієнти рівнянь системи автоматичного регулювання.

В теорії автоматичного управління знаходять застосування лінійні та квадратичні інтегральні оцінки.

В даний час, зважаючи на коливання перехідних процесів у виконуючих приводах, у якості критерію прийнята квадратична інтегральна оцінка

$$I = \int_0^\infty z_o^2(t)dt,$$

виключаюча похибки, властиві лінійній. Ефективність квадратичної інтегральної оцінки якості визначається тим, що вона не залежить від знаків відхилень перехідної характеристики, а отже, і від її форми.

Вибір параметрів СПЗ за мінімумом квадратичної оцінки якості сприяв зменшенню часу регулювання в них перехідних процесів.

6.2 Алгоритмічне забезпечення програми

Використовуючи комплексне вираження вихідних і вхідних коливань, можна передатний коефіцієнт автоматичного пристрою представити в комплексній формі

$$W(j\omega) = \frac{z_{\text{вих}}}{z_{\text{вх}}} = \frac{a_{\text{вих}}(\omega)e^{j[\omega t+\varphi(\omega)]}}{a_{\text{вх}}(\omega)e^{j\omega t}} = A_m(\omega)e^{j\varphi(\omega)} \qquad (6.1)$$

Годограф вектора $W(j\omega)$ звичайно називається амплітудно-фазовою частотною характеристикою АФЧХ автоматичного пристрою. Ця характеристика найбільш просто визначається по відомій передатній функції шляхом заміни оператора p суто уявним аргументом $j\omega$

$$W(p) = \frac{B(p)}{A(p)} \to W(j\omega) = \frac{B(j\omega)}{A(j\omega)} = A_m(\omega)e^{j\varphi(\omega)} \qquad (6.2)$$

Зазначений спосіб дозволяє обчислювати відносну амплітуду й фазу вимушених коливань без рішення диференціального рівняння руху, що значно спрощує дослідження.

Як будь-яке комплексне число амплітудно-фазова частотна характеристика замкнутої системи може бути представлена у вигляді суми речовинної $P(\omega)$ й уявної $jQ(\omega)$ частин

$$W(j\omega) = P(\omega) + jQ(\omega) \qquad (6.3)$$

Задаючись значеннями частоти ω від 0 до $+\infty$ й визначаючи для кожної частоти $P(\omega)$ й $Q(\omega)$ можна на комплексній площині $P(\omega)$, $jQ(\omega)$ побудувати аплітудно-частотну характеристику автоматичного пристрою (рис. 6.1).

Початкова точка АФЧХ, що відповідає $\omega = 0$, отримана з умови

$$W(j\omega)\big|_{\omega=0} = \left.\frac{B(j\omega)}{A(j\omega)}\right|_{\omega=0} = \frac{B(0)}{A(0)} = \frac{b_0}{a_0} = k, \qquad (6.4)$$

де k – статичний передатний коефіцієнт розглянутого автоматичного пристрою.

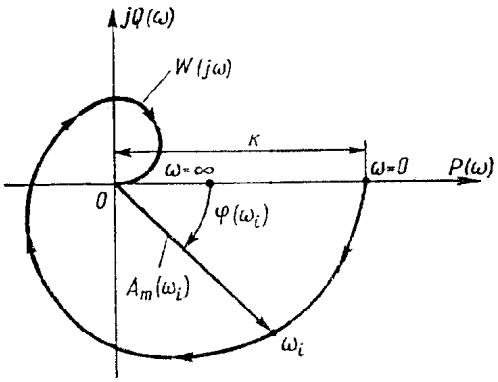


Рис. 6.1 Амплітудно-фазова частотна характеристика і її складові

Якщо амплітудно-фазову частотну характеристику необхідно побудувати в полярних координатах, то визначаються модуль і аргумент вектора $W(j\omega)$. Модуль вектора $W(j\omega)$ є відносною амплітудою змушених коливань

$$\left|W(j\omega)\right| = A_m(\omega) = \sqrt{P^2(\omega) + Q^2(\omega)}, \tag{6.5}$$

а аргумент вектора $W(j\omega)$ є фазою вимушених коливань (при нульовій фазі вхідних коливань)

$$\varphi(\omega) = arctg\frac{Q(\omega)}{P(\omega)}. \tag{6.6}$$

По рівняннях (6.5) і (6.6) для кожного значення частоти визначаються величина й напрямок вектора $W(j\omega)$. З'єднуючи вектори плавної кривої, знайдемо геометричне місце кінців вектора $W(j\omega)$ при безперервній зміні частоти від 0 до $+\infty$.

Ця крива являє собою годограф вектора $W(j\omega)$ і є амплітудно-фазовою частотною характеристикою системи.

Амплітудно-фазова частотна характеристика може бути отримана й експериментальним шляхом. Для цього на вхід елемента або системи подаються гармонійні коливання постійної амплітуди, частота яких міняється в межах $0 < \omega < \infty$. Для кожного значення частоти фіксуються амплітуда й фаза коливань на виході. За результатами вимірів будується АФЧХ досліджуваного автоматичного пристрою.

Якщо АФЧХ задана й відома частота, що відповідає кожній точці кривої, то амплітуда й фаза змушених коливань легко визначаються із графіка.

Таким чином, амплітудно-фазова частотна характеристика повністю описує всі можливі сталі режими змушених гармонійних коливань досліджуваного автоматичного пристрою.

Для рішення ряду питань оцінки динамічних властивостей автоматичного пристрою в деяких випадках доцільно використовувати складові амплітудно-фазової частотної характеристики: $A_m(\omega)$ – амплітудну частотну характеристику АЧХ, що показує залежність відносної амплітуди змушених коливань від частоти вхідного сигналу; $\varphi(\omega)$ – фазову частотну характеристику ФЧХ, що показує залежність фази змушених коливань від частоти; $P(\omega)$ – речовинну частотну характеристику РЧХ; $Q(\omega)$ – уявну частотну характеристику.

6.3 Програма розрахунку частотних характеристик систем

Програма, розроблена на підставі отриманих вище алгоритмів, дозволяє вирішувати як пряме, так і зворотне завдання синтезу – досліджувати вплив параметрів СПЗ на динаміку їхнього поводження або підбирати параметри, виходячи з необхідної якості процесів регулювання. Програма написана мовою Паскаль.

6.3.1 Опис вхідних та вихідних даних

Вхідними даними є значення коефіцієнтів a_i, b_i диференціального рівняння руху синтезованої системи. Вихідними - показники якості процесів регулювання й візуалізація амплітудно-фазової частотної характеристики виконавчого привода.

6.3.2 Опис інтерфейсу користувача

Для візуального представлення амплітудно-фазової частотної характеристики потрібно організувати інтерфейс користувача.

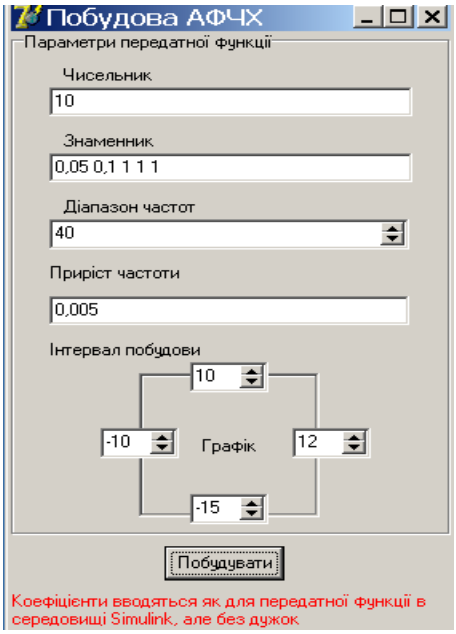


Рис. 6.2. Вікно «Побудова АФЧХ»

Для цього необхідно у вікні (рис.6.2), яке з'явиться одразу після запуску програми ввести у графі під написом „Чисельник" значення передаточного коефіцієнта, „Знаменник" – значення сталих параметрів СПЗ (коефіцієнтів характеристичного рівняння) в такому порядку, щоб останнім знаходився вільний член характеристичного рівняння, а далі у зворотному напрямку всі значення коефіцієнтів характеристичного рівняння СПЗ. Далі у відповідні графи вносимо діапазон частот та приріст частоти. Ставимо межі побудови графіка для кожної осі і при натискуванні кнопкою миші „Побудувати" з'являється вікно (рис. 6.3) з графіком АФЧХ.

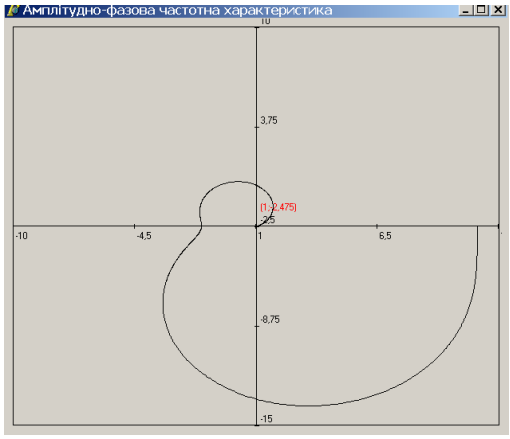


Рис. 6.3 Вікно «Амплітудно-фазова частотна характеристика»

6.3.3 Елемент лістингу програми

Код проєкта.

```
program AF4X;

uses
  Forms,
  main in 'main.pas' {Form1},
  PaintGraph in 'PaintGraph.pas',
  Unit2 in 'Unit2.pas' {Form2};

{$R *.res}

begin
  Application.Initialize;
  Application.CreateForm(TForm1, Form1);
  Application.CreateForm(TForm2, Form2);
  Application.Run;
end.
```

Код модуля основної форми:

```
unit main;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls,math, Spin,PaintGraph;

type

 TForm1 = class(TForm)
    Edit1: TEdit;
    Label1: TLabel;
    GroupBox1: TGroupBox;
    Label2: TLabel;
    Edit2: TEdit;
    Label3: TLabel;
    Panel1: TPanel;
    Button1: TButton;
    Label4: TLabel;
    SpinEdit1: TSpinEdit;
    Label5: TLabel;
    Edit3: TEdit;
    Label6: TLabel;
    Panel2: TPanel;
    speLeft: TSpinEdit;
    speTop: TSpinEdit;
    speBottom: TSpinEdit;
```

```
    speRight: TSpinEdit;
    procedure Edit1KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure DrawGraphic();
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;
  nom:array of real;
  denom:array of real;
  List:TStringList;
  opts:GraphOptions;
implementation

uses Unit2;

{$R *.dfm}

procedure TForm1.Edit1KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
if (key='.')or(key=',') then key:=DecimalSeparator;
end;

//-----------------------------------------------------------

procedure ParseSrting(search,str:string;var a:TStringList);
var position:integer;
    value:string;
begin

position:=pos(search,str);

if position=0
then begin
value:=str;
a.Add(value);
end
else begin
value:=copy(str,1,position);
a.Add(value);
ParseSrting(search,copy(str,position+1,Length(str)-position),a);
end;
end;

//-----------------------------------------------------------
```

РОЗДІЛ 7
ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона навколишнього середовища – це регулювання відносин у галузі охорони, використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, запобігання і ліквідації негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище, збереження природних ресурсів, генетичного фонду живої природи, ландшафтів та інших природних комплексів, унікальних територій та природних об'єктів, пов'язаних з історико-культурною спадщиною.

Забруднення навколишнього середовища це дії, які привнесли в екологічну систему не властивих їй живих або неживих компонентів, фізичних або структурних змін, в результаті яких порушуються процеси круговороту і обміну речовин, а також відтоки енергії, унаслідок чого знижується продуктивність або руйнується дана екосистема.

Забруднюючі речовини зазвичай групуються по їх природі:

- фізичні забруднення, до них відносять: шумове забруднення і низькочастотна вібрація, електромагнітне забруднення, радіоактивні елементи;
- хімічні та біологічні забруднювачі, до них відносять: синтетичні органічні речовини, важкі метали, фтористі з’єднання;
- механічні, до них відносять: пил та тверді частки.

Для вирішення питань в галузі охорони навколишнього середовища займається наука – екологія. Екологія – це економіка природи й одночасне вивчення усіх взаємин живого з органічними і неорганічними компонентами середовища. Основними задачами екології є всебічна діагностика стану природи, розробка прогнозів по зміні стану природного середовища, формування профілак-

-тичних заходів щодо охорони навколишнього середовища.

Темою моєї дипломної роботи є «Система автоматизованого проєктування ПІД-регуляторів авіаційної автоматики. Система аналізу».

В цьому розділі будуть розглянуті питання щодо забруднення навколишнього середовища персональними комп’ютерами, та будуть запропоновані методи та заходи стосовно раціональної розробки використання та утилізації обладнання не завдаючи шкоду навколишньому середовищу.

7.1 Вплив об’єкту дослідження на навколишнє середовище

За деякими даними дослідників ООН, щоб створити один середньостатистичний персональний комп'ютер, потрібно в 10 разів більше хімічних речовин і палива, ніж вага кінцевого продукту. Багато сировини, яка використовується в збірці комп'ютерів є токсичною. Викопне паливо лише посилює невирішену проблему глобального потепління. Відходи виробництва також не зникають, перетворюючись на звалища, або переробляються, надаючи поганий вплив на екологію. Багато користувачів і виробників помиляються, вважаючи, що зі зменшенням і удосконаленням комп'ютерів, їх негативний вплив на екологію зменшується. Тому вчені підкреслюють важливість вторинного використання обладнання. Перш ніж викинути «гаджет» в сміття, краще остаточно переконатися, що він не підлягає відновленню і тільки потім звертатися в конфігуратор комп'ютера. Можливо, він буде частково корисний в іншій збірці.

На даний момент найбільш суворим з існуючих світових стандартів екологічності для комп'ютерної техніки є стандарт TCO99. У порівнянні з попередніми він містить додаткові обмеження по частині екології, ергономіки, енергоспоживання і емісії пристроїв.

Найбільш значимі ярлики, такі як «Блакитний ангел», що видається Німецькою сертифікаційною організацією як знак відповідності екологічним стандартам, є великою рідкістю в сфері електроніки. Навпаки, широке поширення отримав логотип «Energy Star», якого удостоюються енергозберігаючі пристрої. Однак у випадку з ним проблема полягає в тому, що

кожен виробник має право самостійно маркувати свою продукцію, не проходячи при цьому перевірок.

З огляду на те що дана емблема не несе ніяких відомостей про дійсне енергоспоживання пристроїв, її цілком можна ігнорувати.

Організація по захисту навколишнього середовища Greenpeace з 2006 року оцінює виробників електроніки за кількістю важких металів і отруйних речовин, наприклад інгібіторів горіння, використовуваних ними при виробництві (інгібітор - речовина, присутність якого в невеликих кількостях призводить до запобігання або уповільнення процесів горіння або корозії; інгібітори знижують швидкість хімічних реакцій або пригнічують їх). Однак навіть оцінки такої організації, як Greenpeace, які не можуть претендувати на об'єктивність. Адже в одних випадках вона використовує перевірену інформацію, що стосується, наприклад, заходів щодо утилізації відходів, а в інших спирається тільки на дані виробника. А якщо компанія не повідомляє ніяких відомостей, то автоматично опиняється на нижніх рядках рейтингу. Крім того, енергетичні витрати на виробництво і перевезення продукції також необхідно враховувати при оцінці екологічної ефективності. Адже часи, коли техніка виготовлялася тільки на одному заводі, давно пройшли. Сьогодні окремі комплектуючі закуповуються на різних підприємствах по всьому світу, після чого здійснюється складання пристроїв. Тому найчастіше навіть самі компанії не можуть знати, які шкідливі речовини потрапляють в атмосферу при виготовленні їх продукції і які саме метали або токсини в ній містяться. ЖК-екрани - один з джерел парникових газів, які набагато шкідливіше діоксиду вуглецю. Рідкокристалічні монітори швидко знайшли популярність, прийшовши на зміну громіздким ЕПТ-моделями. І це не дивно, адже вони мають тонкими корпусами і споживають значно менше електроенергії. За іншим аспектам екологічної безпеки дисплеї на основі рідких кристалів також вважалися проривом, тому що в них не використовувався газ, що містить свинець. Досить довго ніхто не звертав уваги на застосовуваний для чищення РК-панелей трьохфтористий азот (NF3), і тільки в середині 2008 року вченими було доведено наявність даного хімічної речовини в атмосфері. Відкриття було вражаючим: по порівняно з діоксидом вуглецю (CO2) NF3 є в 17

000 разів більше активним парниковим газом, а його атмосферний час напіврозпаду може складати від 550 до 740 світлових років (у CO2 - від 30 до 40 років). Закону, який обмежував би рівень викиду NF3, поки не існує. Виявлення енерговитрат є таким же проблематичним процесом, як і визначення кількості матеріалів, придатних для вторинної переробки, і важких металів, що містяться в пристроях. Дивовижний результат був отриманий організацією Greenpeace в ході порівняльного аналізу декількох моделей ідентичних ноутбуків з різних країн. В тачпаді Dell Vostro V13, доступного на китайському ринку, були виявлені сліди брому. В моделі з Німеччини ця речовина теж присутня, тільки не в тачпаді, а кнопках. У лептопі, купленому в США, бром був знайдений в блоці живлення.

Схожа картина спостерігається і у інших виробників: при дослідженні продукції компанії Apple експерти виявили, що в кабелі ноутбука MacBook Pro 13 з США і Нідерландів міститься в три рази більше брому, ніж в пристроях з Філіппін і Росії. При аналізі іншого кабелю сліди брому виявили вже в пристроях з Росії та Нідерландів, а в моделі з США їх не було. Таким чином, надійним показником екологічності залишається тільки рівень енергоспоживання - серед субноутбуков першість належить лише декільком моделям, а решта різко відрізняються від лідерів за своїми характеристиками.

Видобувні виробництва руйнують поверхню Землі і часто забруднюють навколишнє повітря і воду. Видобуток рідкоземельних мінералів неможлива або нерентабельна без використання процесів, які завдають серйозної шкоди навколишньому середовищу. Полівінілхлорид, що позначається зазвичай абревіатурою ПВХ, - це різновид пластику, що застосовується в самих різних цілях. З нього зроблена зовнішня оболонка кабелів, якими з'єднуються пристрої, він оточує електричний провід портативного комп'ютера. ПВХ присутній в музичної колекції любителів вінілових платівок. З нього роблять труби і одяг. Це дешевий, міцний і вельми поширений матеріал.

Разом з тим, за словами IT- аналітика «Грінпіс» Кейсі Харрелл, «ПВХ - найгірший з пластиків ». Він є причиною виникнення гормонального дисбалансу, проблем в репродуктивної сфері та різних форм раку. Полівінілхлорид практично неможливо правильно утилізувати. Внаслідок старий матеріал виявляється

зазвичай на звалищі з відходами або, того гірше, спалюється з метою вилучення мідних жил і інших цінних компонентів. При його згорянні утворюється вкрай шкідливий канцерогенни діоксин. Звалища і хімічні поховання забруднюють джерела води. Єдиний спосіб правильно утилізувати ПВХ полягає в тому, щоб відправити його в центр небезпечних відходів.

Тривала робота комп'ютерів приводить до зниження концентрації кисню в повітрі, кількість озону, навпаки, збільшується. Озон є сильним окислювачем. Його концентрація вище гранично припустимих величин приводить до несприятливих обмінних реакцій організму. Великий вплив монітори роблять на іонний склад повітря робочої зони. Зміна цього балансу, що обумовлений збільшенням кількості позитивних іонів, приводить до негативних наслідків. Установлено, що фоновий спектр іонів у приміщеннях з моніторами характеризується надлишком негативних іонів. У процесі роботи термінала структура спектра іонного складу повітря робочої зони істотно змінюється. Протягом 5 хв роботи монітора концентрація легких негативних іонів зменшувалася в 8 разів, а через 3 години — знизилася до рівня, близького до нуля. Істотно понизилася кількість середніх і важких негативних часточок. У той же час концентрація позитивних іонівзростала, і через 3 год. роботи монітора в повітрі робочої зони переважали позитивні часточки. Необхідно відзначити, що й у геопатогенних зонах прилади також реєструють різке зменшення негативно заряджених іонів кисню, що підкреслює факт однакової фізичної природи торсіонових полів зон Землі і торсіонових полів, які генеруються моніторами, телевізорами й іншою електронною технікою.

Персональні комп'ютери, ноутбуки та інша інформаційна техніка, як відомо широко використовується в галузі наукових досліджень, промисловості, а також у повсякденному домашньому користуванні. Але будь-яка техніка стрімко старіє, їй на зміну приходять нові, більш потужні, більш сучасні ПК та оргтехніка. Поступово виникає проблема, що робити зі старою технікою, морально застарілою або з тих чи інших причин, що вийшла з ладу, яка захаращує підсобні приміщення та склади.

Утилізація комп'ютерів це процес, який проводиться в кілька етапів.

Найперша дію це списання обладнання безпосередньо з підприємства. Етап другий це розбір техніки і сортування отриманих матеріалів. Якщо деталі здатні служити вихідною сировиною, наприклад, кінескоп, деталі, в складі яких є дорогоцінні метали, то їх відправляють на очищення а потім на повторну експлуатацію.

7.2 Розрахунок впливу об'єкту дослідження на навколишнє середовище

На даний момент вважається, що на весь IT-сектор приходиться близько 2 % шкідливих викидів у світовому масштабі. Це значна цифра, особливо, якщо врахувати, що даний сектор розвивається і збільшується з великою швидкістю.

На думку дослідників з ООН, настав час для прийняття скоординованих міжнародних кроків для зменшення шкоди навколишньому природному середовищу, що наноситься комп'ютерним обладнанням. За їхніми даними, при створенні одного середньостатистичного персонального комп'ютера загальна вага різних хімікатів і викопного палива в 10 разів перевищує вагу кінцевого продукту. Причому багато хто з цих хімікатів токсичні, а застосування викопного палива погіршує процес глобального потепління. Ці відходи потім або викидаються на величезні звалища, або переробляються, найчастіше в погано відповідних умовах в країнах, що розвиваються, що створює істотну загрозу здоров'ю.

Не можна не відзначити неймовірну енергоефективність нових пристроїв. Якщо розглянути для прикладу товари торгової лінійки Mac Book, компанії Apple Inc., що вважаються одними із самих екологічних в індустрії, то можна виявити просто неможливо раніше низьке використання електроенергії.

Навіть самі неефективні з цих продуктів втричі перевищують вимоги суворих стандартів енергоспоживання Energy Star 6.0, які складають 25 кВт/год на рік для ноутбука. Якщо перерахувати на вати, то вийде, що Mac Book споживає менше 1 вата енергії в годину – в сто разів менше звичайної 100 Вт лампочки розжарювання. Втім, не все так просто. 75 % всієї енергії (яка використовується під час всього життєвого циклу пристрою) йде на виробництво

Mac Book, а не на його експлуатацію. Саме енергію, що витрачається при використанні приладу, враховує стандарт Energy Star. А вона становить всього 19 %. Решта – переробка і транспортування.

У звіті тієї ж компанії Apple сказано, що, наприклад, 15-ти дюймовий Mac Book Pro з ретина-дисплеєм за час свого життя викидає в атмосферу 690 кг вуглекислого газу. По суті, це те ж саме енергоспоживання, виражене в кілограмах CO2. За допомогою простого коефіцієнта ці кілограми можна перевести в кіловат-години електроенергії, виробленої на електростанції. Такі коефіцієнти розраховуються спеціальними організаціями по міжнародно схваленим протоколам, таким, наприклад, як Green house Gas Protocol, і широко використовуються бізнесом для розрахунку впливу їх виробництв на екологію.

Зрозуміло, що для різних джерел енергії та різних країн коефіцієнти виявляються різними. Наприклад, в Америці при отриманні кіловат-години енергії виробляється близько півкілограма вуглекислого газу. У Китаї, де знаходиться велика частина заводів з виробництва електроніки, коефіцієнт виявляється близько 0,87 кг/кВт/год. У світі ж «середня температура по лікарні» виявляється близько 0,44 кг CO2 на кВт/год.

Якщо перерахувати 690 кг CO2 в кіловат-години за цими коефіцієнтами, навіть використовуючи консервативні китайські коефіцієнти, ми отримаємо 800 кВт/год. Це 200 кВт/год на рік, майже в 10 разів більше, ніж нормативи стандарту Energy Star. Це може спочатку здивувати, але достатньо розглянути тонкощі виробництва процесорів, які являються одними з найбільш шкідливих при виробництві комп'ютерних комплектуючих. Виробництво мікрочіпів з субмікронними розмірами елементів – один з найскладніших процесів в сучасній промисловості. Ця технологія увібрала безліч фізико-хімічних процесів і вимагає нанометрової точності, яка досяжна тільки при абсолютній стерильності виробничого приміщення. У цеху, де йде робота, дотримується так звана «електронна гігієна»: в робочій зоні обробки напівпровідникових пластин і на операціях вирощування кристала в літрі повітря не повинно бути більше п'яти пилинок розміром 0,5 мкм. Для порівняння, стандарти чистоти хірургічних операційних допускають вміст у тисячі разів більшої кількості пилу. Чіп – це не

просто кремнієва пластинка, а складна багатошарова напівпровідникова конструкція, зведена на кремнієвій підкладці. Виробництво чіпів складається більш ніж з трьох сотень операцій, і один виробничий цикл може тривати до декількох тижнів. Практично на кожній стадії використовуються шкідливі хімікати, надточне обладнання та енерговитратні фізичні методи, такі як променеве травлення та іонна імплантація. Причому ці операції повторюються для кожного з пари десятків шарів, що складають процесор. Плюс витрати енергії на надпотужну систему вентиляції і фільтрації, що забезпечує стерильність.

Тому не дивно, що маса палива, необхідного для виробництва одного процесора, в тисячі разів більше маси самого чіпа (всього пара грамів). Загальні витрати енергії в сотні тисяч разів більше, ніж на звичайному виробництві, скажімо, пластика або металу, з яких в подальшому роблять корпуси комп’ютерів.

На сьогодні вважається, що для виробництва процесора вагою 2 грами потрібно 1,6 кг палива, 72 г хімічних реактивів і 32 кг води.

7.3 Шляхи покращення ситуації, рекомендації та заходи по зменшенню впливу

До складу комп'ютера входить безліч металів таких як золото, срібло, алюміній, мідь та інших. Успіху в утилізації персональних комп'ютерів можна досягнути завдяки вторинній переробці.

Переробка комп'ютерів, електронна переробка — утилізація комп'ютерів та будь-яких інших електронних пристроїв. Це повна деконструкція електронних пристроїв для того, щоб скоротити витрати сировини та зберегти якомога більше матеріалів зі старої та зламаної техніки.

У 2009 році, 38 % комп'ютерів і 25 % від загального обсягу електронних відходів було перероблено в Сполучених Штатах Америки, в порівнянні з 2006 роком відповідно 5 % і 3 %. З моменту свого створення на початку 1990-х років, все більше і більше пристроїв переробляються в усьому світі за рахунок збільшення рівня інформованості та інвестицій. В основному електронна обробка

відбувається для того, щоб відновити цінні рідкісноземельні і дорогоцінні метали, які знаходяться в дефіциті, а також пластмаси. Вони будуть перепродані або використані в нових пристроях після очищення, в результаті створюючи економіку замкненого циклу.

Переробка є екологічно чистою, оскільки вона запобігає потраплянню небезпечних відходів, у тому числі важких металів і канцерогенів, в атмосферу або водойми, а також утворенню звалищ. Хоча електроніка складає невелику частку від загального обсягу утворених відходів, вона набагато небезпечніша. Є суворі закони, спрямовані на дотримання і заохочення утилізації побутової техніки, найбільш впливовими з яких є Директива Електронних Відходів та Електронного Обладнання Європейського Союзу і Акт Національної Утилізації Комп'ютерів Сполучених Штатів.

Застарілі комп'ютери та стара електроніка є цінним джерелом для вторинної сировини при переробці, з іншого боку вони є джерелом токсинів та канцерогенів.

Швидкий розвиток технології, низька початкова вартість та передбачене старіння призвели до швидко зростаючого профіциту комп'ютерів та інших електронних компонентів по всьому світу. Технічні рішення доступні, але в більшості випадків перед застосуванням технічного рішення необхідно здійснити нормативно-правові основи, системи зборів, логістики, а також інші послуги. За оцінками Управління з охорони навколишнього середовища США, від 30 до 40 мільйонів залишків ПК класифікуються як «небезпечні побутові відходи». Рада національної безпеки вважає, що 75% всіх персональних комп'ютерів, проданих колись, тепер є електронним сміттям.

У 2007 Управління з охорони навколишнього середовища США заявило, що понад 63 мільйони комп'ютерів в США задля заміни були продані або викинуті. Сьогодні 15 % електронних пристроїв та устаткувань перероблюються в Сполучених Штатах. Більшість електронних відходів направляється на звалище або сміттєспалювальний завод, який випускає шкідливі елементи, такі як свинець, ртуть та кадмій в ґрунт, тим самим негативно впливаючи на навколишнє середовище.

Багато матеріалів, що використовуються в комп'ютерних пристроях, можуть бути відновлені для використання в майбутньому виробництві. Повторне використання олова, кремнію, заліза, які в достатній кількості присутні в комп'ютерах або інших електронних пристроях, може зменшити витрати на будівництво нових систем. Компоненти часто містять свинець, мідь, золото та інші цінні матеріали, придатні для утилізації.

Комп'ютерні компоненти містять багато токсичних сполук, таких як діоксини, поліхлоровані біфеніли (ПХБ), кадмій, хром, радіоактивні ізотопи і ртуть. А звичайний монітор комп'ютера може містити понад 6 % свинцю, велика частина якого в свинцевому склі з електронно-променевою трубкою (ЕПТ). А стандартні 15-дюймові (38 см) монітори комп'ютера можуть містити 1 кілограм (1.5 фунти) свинцю, але інші монітори можуть мати до 4 кілограм (8 фунтів) свинцю. Друковані плати містять значні кількості свинцю та олова, припої, яких, швидше за все, потрапляють в ґрунтові води. Переробка (наприклад, спалювання та кислотні обробки) повинні зберегти ці дорогоцінні сполуки, але можуть створити або синтезувати отруйні побічні речовини.

Експорт відходів у країни з більш низькими екологічними стандартами є основною проблемою. Базельська конвенція включає небезпечні відходи, але не регулює обмеження по кількості, такі як ЕПТ екрани, які не можуть бути експортовані трансконтинентально без попередньої згоди обох країн експорту на отримання відходів. Компанії можуть знайти її економічно ефективною в короткостроковій перспективі, щоб продати застарілі комп'ютери для менш розвинених країн з не суворими правилами. Вважається, що більшість надлишків ноутбуків направляються до країн, що розвиваються, під виглядом «звалища електронних відходів». Висока вартість роботи та багаторазове використання ноутбуків, комп'ютерів та комплектуючих (наприклад, оперативної пам'яті) може допомогти оплатити вартість транспортування багатьох непотрібних «товарів».

Методи переробки:

- Утилізація споживачами. Варіанти утилізація споживачами складаються з продажу, пожертвуванню комп'ютерів безпосередньо організаціям, відправленню пристроїв безпосередньо до їх виробників або отриманню

комплектуючих для відновлення або переробки.

- Корпоративна утилізація. Підприємства шукають економічно ефективні способи для переробки великої кількості комп'ютерної техніки, але стикаються з більш складними технологічними процесами. Підприємства також розглядають варіанти продажу або встановлення зв'язку з Виробниками Оригінального Устаткування (ВОУ) і організаціями з утилізації. Деякі компанії забирають непотрібне обладнання інших підприємств, стирають дані з систем і дають оцінку залишкової вартості продукту. Для пристроїв, які мають цінність, фірми купують запчастини, ремонтують і продають відновлені продукти тим, хто шукає більш дешеві варіанти, ніж покупка нових.

- Продаж. Інтернет-аукціони є альтернативою для споживачів, які бажають перепродати товар за готівку, з врахуванням комісії, не ризикуючи додатковими витратами, адже товар за платним оголошенням може і не продатися. Інтернет оголошення можуть бути ризикованими через шахрайство, підробку документів та мінливість користувачів.

Одне з нововведень для утилізації друкованих плат придумали Співробітники з Національної фізичної лабораторії Великобританії, продемонстрували можливість спеціального розчину який розчинюють у гарячій воді. Дія якого зумовлює відшарування електронних компонентів.

Таким чином 90% компонентів нових друкованих плат можна використовувати знову, тоді як у випадку звичайним методам - тільки 2%.

Практично жодне підприємство не зможе самостійно утилізувати комп'ютери та оргтехніку, так як цей процес вимагає сучасного обладнання та специфічних знань. Тому довірити таку роботу можна тільки професіоналам, які мають великий досвід у даній сфері.

Проблема утилізації використаних комп’ютерів, периферійного обладнання, стає гострішою з кожним роком. Обсяги виробництва продуктів інформаційно-телекомунікаційних технологій та частота їх заміни на нові моделі примушують компанії замислюватись над проблемою біодеградації. Дослідники вважають, що необхідно дати більше стимулів як виробникам комп'ютерів, так і користувачам, щоб вони удосконалили і повторно використовували своє

обладнання, а не викидали його. Успіхи в цій галузі допоможуть, серед іншого, компаніям-виробникам зменшити податки, котрі вони сплачують зараз за утилізацію застарілих моделей. Останнє тим більше важливо, оскільки робить екологізацію економічно вигідною, тож спрямовує у цю сферу дедалі більше зусиль дослідників та довгострокових капіталовкладень. Таким чином, подальше поширення інформаційних технологій не збільшить, а навпаки – зменшить техногенне навантаження на довкілля.

Висновки

Питання захисту навколишнього середовища в процесі виробництва комп'ютерів виникли давно і регламентуються зараз. В останні роки в усьому світі з'явилися численні нормативні акти і стандарти (міжнародні NPR чи TCO95, TCO 99), призвані зменшити негативні впливи.

Наприклад, стандартом TCO-95 NUTEK контролюються викиди токсичних речовин, умови роботи й ін. Згідно TCO-95 вироблене устаткування може бути сертифіковане лише в тому випадку, якщо не тільки контрольовані параметри самого устаткування відповідають вимогам цього стандарту, але і технологія виробництва цього устаткування відповідає вимогам стандарту.

Виробник комп'ютера в наші дні звичайно рекламує свій товар як задовольняючим декільком екологічним вимогам. Наприклад:

- мале споживання електроенергії;
- екологічно чисте виробництво;
- не використання фреону, який руйнує озоновий шар Землі;
- виготовлення тари, документації й упакування з матеріалів вторинної обробки, і т.д.

Часто виробник називає такий комп'ютер "зеленим" ("Green PC"), хоча єдиного стандарту "зеленого" комп'ютера поки немає. Покупець, якщо він зацікавлений збереженням власного здоров'я і здоров'я планети, повинний у процесі покупки цікавитися не тільки функціональними, але й екологічними характеристиками комп'ютера, що купується.

Комп'ютерні технології, будучи великим досягненням людства, можуть мати негативні наслідки для навколишнього світу. Технічний рівень сучасних

моніторів не дозволяє цілком виключити існування шкідливих впливів, однак цей вплив необхідно мінімізувати, регламентувавши ряд параметрів. Для зниження збитку необхідне дотримання установлених вимог і норм. Основна мета їхнього впровадження – захист тваринного і рослинного світу від пагубного впливу комп'ютерної й іншої електронної техніки.

Організація «Грінпіс» уважно стежить за тим, як великі компанії відносяться до захисту навколишнього середовища, і регулярно публікує звіт Greenpeace Guide to Greener Electronics, в якому виробникам (HP, Sony, Toshiba і ін.) присвоюються рейтинги в трьох основних категоріях: раціональність операцій, енергія і клімат, екологічно чисті продукти. Можна зробити висновок, що залишається лише сподіватися, що настане час, коли технології будуть допомагати людині, не завдаючи незворотної шкоди здоров'ю навколишнього середовища.

РОЗДІЛ 8
ОХОРОНА ПРАЦІ

Управління охороною праці здійснює цілеспрямовану дію на систему «людина-виробництво», що являє собою всю сукупність елементів з якими людина взаємодіє в процесі праці і які можуть чинити на неї відповідний вплив. Питання охорони праці регулюються Кодексом законів про працю України, «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», а також рядом постанов Кабінету Міністрів України. Одним із найважливіших нормативно-правових актів про охорону праці є Закон «Про охорону праці».

Основною задачею даної дипломної роботи розробка САПР СПЗ приладів спостереження.

Отже, розглянутий у дипломній роботі об'єкт потребує, використання персональної електронно-обчислювальної машини (ПЕОМ), які, в свою чергу, являють собою складні електронні пристрої, що характеризуються наявністю визначених небезпечних джерел впливу на проектувальника та середовище в якому він перебуває.

8.1 Аналіз умов праці з електронно-обчислювальними машинами

За характером трудової діяльності виділено три професійні групи згідно з діючим класифікатором професій (ДК – 003 - 95 і Зміна N 1 до ДК - 003 - 95):

- розробники програм (інженери-програмісти) - виконують роботу переважно з відеотерміналом та документацією при необхідності і інтенсивного обміну інформацією з ЕОМ і високою частиною прийняття рішень. Робота характеризується інтенсивною розумовою творчою працею з підвищеним напруженням зору, конценрацією уваги на фоні нервово-емоційного напруження, вимушеною робочою позою, загальною гіподинамією, періодичним навантаженням на кисті верхніх кінцівок. Робота виконується в режимі діалогу з ЕОМ у вільному темпі з періодичним пошуком помилок в умовах дефіциту часу;

- оператори електронно-обчислювальних машин - виконують роботу яка пов'язана з обліком інформації одержаної з ВДТ за попереднім запитом, або тієї, що надходить з нього, супроводжується перервами різної тривалості, пов'язана з виконанням іншої роботи і характеризується як робота з напруженням зору, невеликими фізичними зусиллями, нервовим напруженням середнього ступеня та виконується у вільному темпі;

- оператор комп'ютерного набору - виконує одноманітні за характером роботи з документацією та клавіатурою і нечастими нетривалими переключеннями погляду на екран дисплея, з введенням даних з високою швидкістю, робота характеризується як фізична праця з підвищеним навантаженням на кисті верхніх кінцівок на фоні загальної гіподенамії з напруженям зору (фіксація зору переважно на документи), нервово-емоційним напруженням.

Встановлюються такі внутрішньозмінні режими праці та відпочинку при роботі з ЕОМ при 8-годинній денній робочій зміні в залежності від характеру праці:

- для розробників програм із застосуванням ЕОМ, слід призначати регламентовану перерву для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожну годину роботи за ВДТ;

- для операторів із застосування ЕОМ, слід призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожні дві години;

- для операторів комп'ютерного набора слід призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 10 хвилин після кожною години роботи за ВДТ.

У всіх випадках, коли виробничі обставини не дозволяють застосувати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з ВДТ не повинна перевищувати 4 години.

При 12-годинній робочій зміні регламентовані перерви повинні встановлюватися в перші 8 годин роботи аналогічно перервам при 8-годинній робочій зміні, а протягом останніх 4-х годин роботи, незалежно від характеру трудової діяльності, через кожну годину тривалістю 15 хвилин.

З метою зменшення негативного впливу монотонності є доцільним застосовувати чергування операцій усвідомленого тексту і числових даних (зміна змісту роботи). Чередування вводу даних та редагування текстів.

Для зниження нервово-емоційного напруження, втомлення зорового аналізатору, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втомі доцільні деякі перерви використовувати для виконання комплексу вправ, наведених в додатку 8.

В окремих випадках - при хронічних скаргах працюючих з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ на зорове втомлення незважаючи на дотримання санітарно-гігієнічних вимог до режимів праці і відпочинку, а також застосування засобів локального захисту очей – допускаються індивідуальних підхід до обмеження часу робіт з ВДТ, зміни характера праці, чергування з іншими видами діяльності, не пов'язаними з ВДТ.

Активний відпочинок має полягати у виконанні комплексу гімнастичних вправ, спрямованих на зняття нервового напруження, м'язове розслаблення, відновлення функцій фізіологічних систем, що порушуються протягом трудового процесу, зняття втоми очей, поліпшення мозкового кровообігу і працездатності.

За умови високого рівня напруженості робіт з ВДТ показане психологічне розвантаження під час регламентованих перерв або в кінці робочого дня.

8.2 Перелік шкідливих на небезпечних виробничих чинників

Під виробничим середовищем мається на увазі сукупність фізичних, хімічних, біологічних, психофізіологічних факторів на виробництві, які впливають на людину. Всі ці фактори класифікуються як небезпечні та шкідливі.

Небезпечні виробничі фактори - ті, вплив яких на працівника призводить до травм, різкого погіршення здоров'я або до смерті.

Шкідливі виробничі фактори - ті, вплив яких на працівника може призвести до захворювання та зниження працездатності.

Працівники, задіяні на роботах, пов'язаних з періодичною або постійною роботою за комп'ютером, піддаються впливу факторів виробничої небезпеки, основними з яких є:

Фізичні:

- підвищений рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може пройти через тіло працюючого;
- підвищений рівень рентгенівського випромінювання;
- підвищений рівень ультрафіолетового випромінювання;
- підвищений рівень інфрачервоного випромінювання;
- можливість ураження статичною електрикою;
- запиленість повітря робочого приміщення;
- підвищений вміст важких (+) аероіонів;
- нерівномірний розподіл яскравості в полі зору;
- підвищений рівень пульсації світлового потоку.

Хімічні:

- Підвищений вміст у повітрі вуглекислого газу, озону, аміаку, фенолу, формальдегіду та ін.

Психофізіологічні:

- напруга зору;
- напруга пам'яті;
- напруга уваги;

- тривале статичне напруження;
- відносно великий обсяг інформації, що обробляється в одиницю часу;
- монотонність праці в окремих випадках;
- нераціональна організація робочого місця.

При роботі з ПК людина може піддатися впливу всіх шкідливих та небезпечних факторів. Шкідливі і небезпечні чинники, з якими стикається проектувальник при роботі з ПК, приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 8.1

Перелік шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Найменування факторів	**Можливі джерела їх виникнення**	**Характер дії**
Небезпека ураження електричним струмом	Мережа живлення	Небезпечний
Пожежонебезпечність приміщень	Наявність матеріалів що можуть загорітися і джерел запалення (електроапаратура)	Небезпечний та шкідливий
Електромагнітне випромінювання в тому числі і рентгенівське	ЕПТ (дисплей є джерелом рентгенівського, радіочастотного, ультрафіолетового, інфрачервоного випромінювань та випромінювання звукового діапазону)	Шкідливий
Статична електрика	ЕПТ монітору та діелектрична поверхня екрану	Шкідливий
Іонізація повітря	Статична електрика та рентгенівське випромінювання	Шкідливий
Підвищений рівень шуму	Шум створюється перетворювачем напруги ЕОМ, її технічною периферією, а також людьми, що працюють в аудиторії	Шкідливий
Несприятлива освітленість	Недостатнє штучне та природнє освітлення	Шкідливий
Незадовільні параметри мікроклімату	Незадовільний стан систем вентиляції та опалення	Шкідливий
Психофізіологічні напруження	Монотонність праці, перенапруженість зорових аналізаторів, розумова напруженість, незручність і статичні пози	Шкідливий

Комп’ютери і телефонні апарати також є основними джерелами шуму у приміщеннях. Рівень шуму в приміщенні повинен відповідати оптимальному рівню згідно з ДСН 3.3.6.037-99.

8.3 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників, що діють на робочому місці на суб’єкта

До основних шкідливих факторів при роботі з комп'ютером відносять: тривале сидяче положення, електромагнітне випромінювання, навантаження на зір, перевантаження кистьових суглобів, можливість захворювань органів дихання, алергії, порушення нормального перебігу вагітності та ін. Тривале сидяче положення приводить до напруги м'язів шиї, голови, рук і плечей, остеохондрозу, у дітей - ще й до сколіозу. Тривале сидяче положення ще приводить до застою крові в тазових органах і, як наслідок, до простатиту й геморою. Не секрет, що малорухливий спосіб життя призводить до ожиріння. Навантаження на зір. Людське око реагує на найдрібнішу вібрацію тексту і на мерехтіння екрану. М'язи ока, керуючі кришталиком, перебувають у постійній напрузі, що обов'язково призводить до втрати гостроти зору. Тривала робота за комп'ютером - це величезне навантаження на очі, оскільки зображення на моніторі складається не з безперервних ліній, як на папері, а з окремих точок, які світяться і мерехтять. У користувача неминуче погіршується зір, очі починають сльозитися, з'являється головний біль, втома, зображення двоїться і спотворюється.

До хімічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать хімічні речовини, які за характером дії на організм людини поділяються на токсичні, дратівливі, сенсибілізуючі, канцерогенні та мутагенні. Ці хімічні речовини впливають на репродуктивну функцію людини. За шляхами проникнення в організм людини вони поділяються на проникаючі через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкірний покрив і слизові оболонки.

До біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, грибки,

найпростіші) та продукти їх життєдіяльності, а також макроорганізми (рослини і тварини).

До психофізіологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносяться фізичні (статичні і динамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Для того, щоб об’єктивно проаналізувати відповідність умов праці діючим нормативно-правовим актам, необхідно здійснити санітарно-гігієнічну характеристику умов праці, атестацію робочого місця за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Робота за комп'ютером і стреси. Стрес - це емоційні переживання, внутрішнє напруження, викликані подіями в житті. Стрес виникає, в першу чергу, при втраті або пошкодженні інформації. Причини: відсутність резервних копій, комп'ютерні віруси, поломки жорстких дисків, робочі помилки. Робота за комп'ютером є одним з факторів, що викликають стрес (стресором). Реакція організму на стрес являє собою запуск біохімічних процесів, які спрямовані на придушення екстремальній ситуації. Захворювання органів дихання при роботі з комп’ютером у даному контексті носять в основному алергічний характер. Це пояснюється тим, що за час довгої роботи комп'ютера корпус і плати останнього виділяють в повітря ряд шкідливих речовин, а так само комп'ютер створює навколо себе електростатичне поле, яке притягує пил, який осідає в легенях. Також комп'ютер деіонізує навколишнє середовище і зменшує вологість повітря. Комп'ютер є досить серйозним джерелом низки алергенів. Приміром, корпус монітора, нагріваючись до 50-55 ° С починає виділяти в повітря пари трифенілфосфата. Крім монітора нагрівається і материнська плата, блок живлення, процесор, відеокарта, які так само можуть виділяти в навколишнє середовище шкідливі органічні та неорганічні речовини (фтор-, хлор-, фосфоровмісні). Крім того, в комп'ютері є дуже багато місць, де накопичується пил і бруд, розмножуються мікроби і грибки. Пил отримує від екрану монітора

слабкий статичний заряд, якого вистачає, що б пил осідав на тілі користувача і в його дихальних шляхах.

8.4 Розробка заходів з охорони праці

На підставі ДНАОП 5.2.30-1.08-96 і ВСН 4559-88 "Тимчасові санітарні норми і правила для працівників обчислювальних центрів":

- до роботи на персональних ЕОМ допускаються особи від 18 років, що не мають протипоказань за результатами попереднього медичного огляду і пройшли інструктаж, навчання й перевірку знань по охороні праці і мають 1 кваліфікаційну групу з електробезпеки;
- допуск до роботи на персональних ЕОМ осіб до 18 років (практикантів, учнів) здійснюється під керівництвом досвідчених працівників, що мають кваліфікаційну групу по електробезпеці не нижче 3.

Для зниження й попередження шкідливого впливу вищевказаних факторів рекомендується:

- для зниження рівня статичної електрики розташовувати екран дисплея на відстані не ближче 550 - 700 мм. від очей користувача;
- для зниження бліків екран дисплея повинен розташовуватися перпендикулярно світлового потоку від віконних прорізів або від електросвітильників;

Для зниження утоми очей:

- освітленість робочого місця повинна бути не менш 300 - 500 люкс; яскравість світіння екрана - не менш 100 кл / кв. м.;
- мінімальний розмір світної точки - не більш 0,6 мм.;
- контрастність зображення знака - не менш 0,8;
- частота регенерації - не менш 72 Гц.

Для зниження впливу гіподинамії й емоційних перевантажень варто використовувати технологічні перерви і виконувати комплекс фізичних вправ.

Для безпеки перед початком роботи:

- залишити в гардеробі вуличний одяг, особисті речі;

- забрати з робочого місця предмети, що не будуть використовуватися в роботі;

- забороняється класти на блоки ЕОМ папір, книги, документи й інші предмети;

- забороняється, щоб уникнути перевантаження мережі, підключати ЕОМ через трійники разом з іншими електроприладами;

- включити, при необхідності, штучне освітлення, настільний світильник;

- зовнішнім оглядом переконатися в справності сполучних проводів, штепсельних рознімань, шин заземлення й вимикачів, у надійності кріплення захисних кожухів і кришок блоків ЕОМ;

- перевірити відсутність пилу на екрані дисплея. Не допускати забивання пилом і сторонніми предметами вентиляційних отворів для відводу тепла з блоків ЕОМ;

- відрегулювати висоту сидіння стільця й підставки для ніг. Відрегулювати положення екрана монітора щодо свого поля зору;

- при виявленні несправностей і інших недоліків, що створюють небезпеку або значні незручності в роботі, заявити про це керівникові відділу, ділянки.

Для безпеки під час роботи:

- при включенні персональної ЕОМ і освітлення в електромережу, братися тільки за ізольовані частини штепсельних колодок;

- дотримувати зазначену в інструкції з експлуатації послідовність включення блоків ЕОМ;

- щоб уникнути розрядів статичної електрики, забороняється доторкатися до екрана дисплея;

- при введенні даних, редагуванні програм, читанні інформації з екрана, безперервна тривалість роботи перед екраном не повинна перевищувати 1 годину з наступними регламентованими перервами по 10 хвилин для відпочинку та виконуванню комплексу фізичних вправ, релаксаційної гімнастики й ауто генного тренування.

Забороняється при не відключеному електроживленні ЕОМ :

- розкривати захисні кожухи й кришки блоків ЕОМ, робити регулювання й чищення внутрішніх деталей, змінювати запобіжники;
- переключати сполучні шнури блоків ЕОМ;
- змінювати встановлену конфігурацію робочого місця, переставляти блоки ЕОМ;
- робити вологе прибирання поверхонь комп'ютера;
- приймати їжу безпосередньо за клавіатурою комп'ютера.

Категорично забороняється на робочому місці оператора ЕОМ :

- курити, користатися відкритим вогнем;
- зберігати легкозаймисті, вибухонебезпечні і хімічно активні, що руйнують ізоляцію, продукти.

Ознаками аварійної ситуації на робочому місці оператора ЕОМ є:

- поява збоїв у роботі ЕОМ, заїдання паперу в принтері, зникнення зображення на екрані дисплея;
- коротке замикання, іскріння, появи запаху гару, підвищене нагрівання корпусу, штепсельних рознімань, сполучних проводів, зниження або зникнення напруги в мережі і т.п.

В аварійній ситуації необхідно :

- роботу припинити, ЕОМ відключити від мережі;
- при загорянні використовувати вуглекислотний або порошковий вогнегасники;
- ужити заходів по евакуації людей і наданню першої медичної допомоги постраждалим;
- доповісти про те, що трапилося, керівникові відділу, ділянки;
- при необхідності викликати швидку допомогу, пожежну команду.

Безпека після закінчення роботи:

- закінчити працюючі програми, закрити всі каталоги, підготувати комп'ютер до вимикання;
- відключити ЕОМ і місцеве електроосвітлення від мережі;
- упорядкувати робоче місце, забрати документи, що використовувалися;
- переконатися у відсутності пожежної небезпеки.

8.5 Електробезпека та пожежна безпека при роботі з електронними обчислювальними машинами

Основна причина ураження електричним струмом – порушення правил безпеки при експлуатації елетроустановок.

Вимоги електробезпеки у приміщеннях, де встановлені електронно-обчислювальні машини і персональні комп'ютери (далі — ЕОМ) відображені у ДНАОП 0.00-1.31-99. Відповідно до цього нормативного документу під час проектування систем електропостачання, монтажу основного електрообладнання та електричного освітлення будівель та приміщень для ЕОМ необхідно дотримуватись вимог Правил влаштування електроустановок (ПВЕ), ГОСТ 12.1.006-84, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.045-84, ПТЕ, ПБЕ, ВСН 59-88 "Электрооборудованиежилых и общественных зданий. Нормыпроектирования", СН 357-77 "Инструкция по проектированию силового осветительногооборудованияпромишленныхпредприятий", Правил пожежної безпеки в Україні та інших нормативних документів, що стосуються штучного освітлення і електротехнічних пристроїв, а також вимог нормативно-технічної експлуатаційної документації заводу-виробника.

Лінія електромережі для живлення ЕОМ, периферійних пристроїв ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ виконується як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів і прокладається від стійки групового розподільчого щита, розподільчого пункту до розеток живлення

У приміщенні, де одночасно експлуатується або обслуговується більше п'яти персональних ЕОМ, на помітному та доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

Неприпустимим є підключення ЕОМ, периферійних пристроїв ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ до звичайної

двопровідної електромережі, в тому числі — з використанням перехідних пристроїв.

При розташуванні в приміщенні за його периметром до 5 персональних ЕОМ, використанні трипровідникового захищеного проводу або кабелю в оболонці з негорючого або важкогорючого матеріалу дозволяється прокладання їх без металевих труб та гнучких металевих рукавів.

Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені. Заземлення повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів". Заземлені конструкції, що знаходяться у приміщеннях (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном тощо), мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками від випадкового дотику.

Є неприпустимими:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізольованими провідниками;
- застосування саморобних продовжувачів, які не відповідають вимогам ПВЕ до переносних електропроводок;
- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;
- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з’єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання;
- підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);
- використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

8.6 Атестація робочих місць

Для об’єктивного аналізу відповідності умов праці діючим нормативно-правовим актам, необхідно здійснити санітарно-гігієнічну характеристику умов праці, атестацію робочого місця за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Атестація робочих місць за умовами праці на ЕОМ передбачає:

- комплексну оцінку факторів виробничого середовища і характеру праці, відповідність їх характеристик стандартам безпеки праці, будівельним та санітарним нормам і правилам;
- виявлення факторів і причин виникнення несприятливих умов праці;
- санітарно-гігієнічне дослідження чинників виробничого середовища;
- встановлення ступеня шкідливості і небезпечності праці та її характеру за гігієнічною класифікацією;
- обґрунтування віднесення робочого місця до категорії зі шкідливими (особливо шкідливими) умовами праці;
- визначення (підтвердження) права працівників на пільги;
- аналіз реалізації технічних і організаційних заходів, спрямованих на оптимізацію рівня гігієни, характеру і безпеки праці.

Усю будівлю має бути електрифіковано, згідно з усіма відповідними нормами. Всі ЕОМ повинні використовуватися виключно за призначенням, так як можуть бути електронебезпечними при неправильному використанні. Бажано використовувати рідкокристалічні монітори, так як рентгенівське випромінювання від них не становить небезпеки для користувача, оскільки інтенсивність такого випромінювання значно нижча від гранично допустимого рівня. Рівень електромагнітного випромінювання має передбачати можливий 12-ти годинний час перебування у зоні випромінювання. Рівень напруженості електростатичного поля має знаходитися в межах норми.

У приміщенні також є столи, крісла і шафи для документів. Усі вони можуть бути розміщені лише відповідно до їх функціонального призначення, а їх

кількість відповідати номенклатурі знарядь праці, змісту та особливостям виконуваної роботи.

Конструкція робочого столу повинна відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури) і документів.

Робоче крісло повинно бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з переднім заокругленим краєм. Висота поверхні сидіння регулюватися в межах від 400 до 500 мм, а ширина і глибина становити по 450 - 500 мм. Кут нахилу спинки регулюватися в межах від 0° до 30° відносно вертикального положення. Для зниження статичного напруження м'язів верхніх кінцівок встановлені стаціонарні підлокітники завдовжки 250 мм. Поверхня сидіння відповідати усім вимогам.

Монітор комп’ютера має знаходитися на достатній відстані від очей користувача. Клавіатура розташовуватися на поверхні столу на відстані 200 мм від краю, звернутого до працюючого. У конструкції клавіатури повинен бути передбаченим опорний пристрій, який дає змогу змінювати кут нахилу поверхні клавіатури у межах від 5 до 15.

Таким чином, ергономічні параметри робочого місця відповідатимуть вимогам до їх організації та конструкції та забезпечуватимуть підтримання оптимальної робочої пози.

У холодний період року для обігріву будівлі рекомендується використовувати власну незалежну систему опалення. Це позитивно відображається на самопочутті працівників, так як є можливість керувати обігрівом приміщень.

Забезпечення метеорологічних умов праці та чистоти повітря в приміщенні необхідно здійснювати за допомогою системи припливно-витяжної вентиляції, регулярного провітрювання, та вологого прибирання.

Необхідно використовувати штучне та природне освітлення. Нормоване значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) для четвертого світлового поясу, в якому розташована Україна, складає 0,81. Крім того приміщення повинно

додатково освітлюватися за допомогою світильників із лампами розжарювання потужністю 200 Вт.

Таким чином, умови праці співробітника в цілому відповідатимуть існуючим санітарно-гігієнічним нормам. Але у зв’язку з тим, що більшу частину часу працівник займає сидячу позу і мало рухається, пропонується ввести п’ятихвилинну виробничу гімнастику, яку необхідно проводити після кожних 60 хвилин сидячої роботи , і яка буде спрямована на покращення фізичного і морального стану і самопочуття працівника.

Висновки

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку збереження здоров’я та працездатності людини в процесі праці.

Під умовами праці розуміється сукупність факторів трудового процесу та виробничого середовища, в якій реалізується діяльність людини, що впливають на здоров'я і працездатність.

Темпи зростання числа користувачів ПЕОМ неухильно зростають. Одночасно з цим стає все більш очевидною можлива небезпека для здоров'я працюючих на ПЕОМ. Під час роботи з комп'ютером найбільшому ризику піддаються зорова, опорно-рухова, нервово-психічна системи і репродуктивна функція у жінок. Крім того, відеодисплейний термінал порушує рівновагу між позитивно і негативно зарядженими іонами в повітрі.

Персонал, що працює на комп'ютері зобов'язаний дотримуватися вимог інструкції, розробленої на підставі Санітарних норм і правил СанПин 2.2.2.542-96

«Гігієнічні вимоги до відео дисплейним терміналам, персональним електровичіслітельним машин і організації робіт».

При роботі з комп'ютером шкідливими і небезпечними чинниками є: електростатичні поля; електромагнітне випромінювання; наявність потужних іонізуючих випромінювань; локальне стомлення, загальна втома; стомлюваність очей; небезпека ураження електричним струмом; пожежонебезпека.

В аварійних ситуаціях комп'ютер повинен негайно відключений від мережі: при відключенні електричної енергії; при пожежі; при появі запаху диму.

Найбільш жорсткі вимоги в світі до комп'ютерної техніки пред'являють шведи, які провели якнайповніші дослідження впливу всіх видів випромінювань на здоров'я людини. Країни Європейського союзу при створенні єдиного стандарту ЄС орієнтувалися саме на шведські норми ТСО 92. Російські вимоги на випромінювання від відеомоніторів поки що нижче, ніж у ТСО 92, однак у найближчих планах Держстандарту - підняти планку безпеки до рівня шведської.

ВИСНОВКИ

Основними вимогами до приладів спостереження на рухомій основі являються:

- подальше вдосконалення оптичних схем приладів спостереження;
- більш широке використання приладів спостереження із змінним збільшенням;
- встановлення дублюючих приладів спостереження;
- оснащення приладів системами стабілізації поля зору;
- створення нових технічних засобів спостереження та розпізнавання об’єктів (лазерних, тепловізійних, телевізійних та інших) і їх об’єднання з оптичними приладами спостереження.

Індикаторний принцип стабілізації завжди гірший за силовий, адже індикаторний стабілізатор поля зору у своєму складі має слідкуючий привод дистанційної передачі кута, через що збільшується кількість помилок, тому кращими для застосування являються силові стабілізатори підвищеної точності. З метою зменшення помилок краще використовувати систему стабілізації поля зору на базі двохплощинної гіроскопічної рами з просторовим шарніром та з безінерційною системою розвантаження.

Розроблена САПР стабілізаторів поля зору приладів спостереження дозволяє проводити їх ефективне проєктування та дослідження.

Список літератури

1. *Бесекерский В.А.* Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов // СПб: изд-во Профессия, – 2004, – 752с.
2. *Зайцев Г.Ф.* Теорія автоматичного управління / Г.Ф. Зайцев, В.К. Стеклов, О.І. Бріцький // К: Техніка, – 2002, 688 с.
3. *Аблесімов О.К.* Автоматичне керування рухомими об'єктами й технологічними процесами / О.К. Аблесімов, Є.Є. Александров, І.Є. Александрова // Харків: НТУ "ХПІ", – 2008, – 443 с.
4. *Ривкин С.С.* Теория гироскопических устройств / С.С. Ривкин // М: Судостроение, – 1964, – 320 с.
5. *Пельпор Д.С.* Теория гироскопических стабилизаторов / Д.С. Пельпор // М: Машиностроение, – 1985, – 185 с.
6. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, О.В.Мельников // вид-во «Афіша», 2001.
7. *Радзевич Н.Н.* Охрана и преобразование природы / Н.Н. Радзевич, К.В. Пашканг // М.: Просвещение, 1986.