

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА АЕРОКОСМІЧНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри АКСУ
_____ Мельник Ю.В.
« ____ » _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ
“МАГІСТР”

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Тема: «Ідентифікація динамічних характеристик стаціонарних елементів бортових систем управління»

Виконавець: студент групи СУ- 214М, Вольський Р.В.

Керівник: кандидат техн.наук, доцент, Білак Н.В.

Консультант розділу Охорона праці: _____
(підпис)

Козлітин.С.О.
(П.І.Б.)

Консультант розділу
Охорона навколишнього середовища: _____
(підпис)

Явнюк.А.А.
(П.І.Б.)

Нормоконтролер: _____
(підпис)

(П.І.Б.)

Київ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Аеронавігації, електроніки та телекомунікації

Кафедра: Аерокосмічних систем управління

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма: «Комп'ютеризовані системи управління та автоматика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ю.В. Мельник

«___» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

студента Вольського Руслана Валентиновича

Тема: «Ідентифікація динамічних характеристик стаціонарних елементів бортових систем управління»

1. затверджена наказом ректора від __. __. 20__ № __/ст.
2. Термін виконання з _____ р. по _____ р.
3. Вихідні дані: Розглядається безперервна лінійна стаціонарна система невідомого порядку з одним входом та одним виходом. На вхід системи подається довільний вплив, що вимірюється, $u(t)$. З виходу знімається реакція системи на довільний вхідний вплив $y(t)$. Функції $u(t)$ та $y(t)$ є квазіполіномами. Вхідний шум та перешкоди вимірювань відсутні.
4. Зміст пояснювальної записки: Побудувати за результатами вимірювання реакції системи на збурюючу дію звичайне динійне диференціальне рівняння з постійними комплексними коефіцієнтами та початкові умови до нього в точці $t = 0$

5. Календарний план-графік:

№ п/п	Об'єкт практики та види робіт	Термін виконання етапів	Примітка
1	Отримання та уточнення завдань	01.09.21	Виконав
2	Пошук та огляд основних джерел	09.09.21	Виконав
3	Збір інформації	23.09.21	Виконав
4	Аналітичний розбір основних понять	15.10.21	Виконав
5	Формування висновків щодо ефективності розробленої моделі	23.10.22	Виконав
6	Підведення підсумків	04.11.22 р.	Виконав

Дипломник

Р.В. Вольський

(підпис, дата)

Дипломний керівник

Н.В. Білак

(підпис, дата)

Консультант з охорони праці

С.О. Козлітін

(підпис, дата)

Консультант

з навколишнього середовища

(підпис, дата)

А.А. Явнюк

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи на тему «Ідентифікація динамічних характеристик стаціонарних елементів бортових систем управління» становить 90 сторінок

У дипломній роботі розглянуто основні методи ідентифікації динамічних характеристик, проаналізовано існуючі типи ідентифікації, їх переваги та недоліки.

Дипломна робота складається з п'яти розділів.

У розділі 1 дипломної роботи були розглянуті загальні відомості про методи ідентифікації динамічних характеристик, описані існуючі технології ідентифікації, проаналізовані напрямки застосування бортових систем управління.

У розділі 2 дипломної роботи були розглянуті більш детально технології для проведення ідентифікації динамічних характеристик, проаналізовані відомі методи, оцінені переваги та недоліки.

У розділі 3 дипломної роботи були проведені розрахунки зважаючи на подані дані.

У розділі 4 дипломної роботи було визначено негативні фактори впливу розробки бортових систем управління на навколишнє середовище та людину, а також методи захисту від їх впливу. Були наведені допустимі норми забруднень навколишнього середовища згідно з основними стандартами.

У розділі 5 дипломної роботи було досліджено вплив розробки бортових систем управління і розроблено заходи що дозволяють зменшити негативні наслідки під час роботи.

Матеріали дипломної роботи рекомендуються використовувати під час проведення наукових досліджень, у навчальному процесі та в практичній діяльності на підприємствах

Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1 Аналітичний опис елементів бортових систем управління літальних апаратів (БСУ ЛА).....	12
1.1. Основні етапи створення бортових систем управління літальних апаратів.....	12
1.2. БСУ ЛА як динамічні системи, види математичних моделей елементів БСУ ЛА.....	14
1.3. Динамічні системи, принципи їх класифікації.....	18
1.4. Математичний опис та особливості лінійних стаціонарних систем.....	24
1.5. Прикладні методи ідентифікації: зворотна задача Ідентифікації.....	26
Висновок по розділу 1.....	30
Розділ 2 Етапи аналітичного методу параметричної ідентифікації динамічних характеристик стаціонарних елементів бортових систем управління.....	31
2.1. Математичний опис динаміки скалярних лінійних стаціонарних систем.....	31
2.2. Диференційні рівняння з постійними коефіцієнтами; ДР в формі Коші; Передавальні функції.....	34
2.3. Апарат функціонального перетворення Лапласа: прямого та зворотного.....	40
2.4. Алгоритм розв'язку зворотної задачі параметричної ідентифікації динамічних характеристик лінійних стаціонарних систем невисокого порядку у частотній області.....	43
Висновок по розділу 2.....	4

Розділ 3 Розв’язок у частотній області зворотної задачі параметричної ідентифікації.....	50
3.1. Опис об’єкту досліджень та його динамічних характеристик....	50
3.2. Результати досліджень.....	56
3.3. Наочний приклад застосування алгоритму зворотної ідентифікації динамічних характеристик елементів БСУ	
3.4. Висновок по розділу 3	
РОЗДІЛ 4 Охорона навколишнього середовища.....	60
4.1. Законодавство України про охорону навколишнього середовища.....	61
4.2. Захист навколишнього середовища в авіабудуванні.....	66
Висновки до розділу 4.....	
Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	70
5.1. Перелік виробничих факторів, що діють на суб’єкт.....	72
5.2. Шкідливі та небезпечні виробничі чинники.....	74
5.3. Інструкція з охорони праці під час експлуатації проектуваного об’єкту.....	76
5.3.1 Основні положення.....	76
5.3.2. Вимоги до безпеки перед початком роботи.....	76
5.3.3. Вимоги до безпеки під час роботи.....	77
5.3.4. Вимоги до безпеки після закінчення роботи.....	78
5.3.5. Вимоги до безпеки в аварійних ситуаціях.....	78
Висновки до розділу 5.....	80
Висновки по дипломній роботі.....	89
Список використаної літератури.....	90

Вступ

Для сучасних повітряних суден (ПС) характерним є широке застосування систем автоматичного управління (САУ) практично на всіх режимах та етапах польоту. Без таких систем неможливо ефективне використання авіаційної техніки навіть при вирішуванні найпростіших задач пілотування.

Впровадження САУ в процес управління обумовлюється не тільки зміною пілотажних характеристик літального апарата (ЛА), головним чином характеристик стійкості та керованості, але й зростанням тенденцій інформаційного об'єднання САУ з комплексами бортового обладнання (навігаційними та радіотехнічними комплексами, системами забезпечення посадки і т.ін.). На сучасних ПС САУ перетворились із засобів, що полегшують пілоту процес управління у засоби, які суттєво підвищують економічну ефективність і безпеку польоту. Але повна автоматизація польоту ПС неможлива, оскільки, по-перше, пілот не може залишатися байдужим до управління особливо на відповідальних етапах польоту, наприклад, на етапі заходу на посадку, по-друге, функції вмикання та перемикання різних режимів роботи САУ, а також контроль за роботою САУ може виконувати тільки пілот.

Простіші засоби поліпшення пілотажних якостей ЛА зароджувались на зорі авіації. Вони були призначені для компенсації недоліків стійкості та керованості перших літаків, які будувались на основі лише інженерної інтуїції конструктора. До цих засобів можна віднести регулятори прямої дії у вигляді маятників і флюгерів, які підвищували стійкість поздовжнього руху ЛА. Наприклад, автоматичний регулятор горизонтального руля дирижабля, ідея якого була запропонована К.Е. Цюлковським у 1898 році, або пристрій запропонований російським авіатором К.Л. Ольховським у 1910 році для стабілізації кутів крену та тангажа, в якому за датчик використовувався масивний маятник із двома ступенями свободи. За вантаж маятника використовувався безпосередньо пілот, крісло якого розташовувалось у карданному підвісі. Уперше політ літака з автопілотом фірми "Sherri" (США) був продемонстрований в 1914 році на Всесвітній виставці в Парижі.

У міру розвитку авіабудівництва стійкість та керованість ЛА значно поліпшилась, що практично припинило розробку засобів з автоматизацією польоту. Однак зростали дальність і тривалість польоту, збільшувалась втоменість членів екіпажу, через виконання одноманітних дій для забезпечення кутової стабілізації крену-сервського режиму польоту протягом тривалого часу, виникла гостра необхідність розвантаження пілота від стабілізації на цьому режимі не тільки кутів крену та тангажа, але й курсу ЛА. Все це сприяло розробці курсових гіроскопів – датчиків, що вимірюють курс літака.

У 30-ті роки ХХ століття були створені перші пневмогідролічні радянські автопілоти I покоління серії АВП (автопілот АВП-1 в 1932 р.); у ті ж роки з'явилися автопілоти серії СТЛ (автопілот СТЛ-5 мав електрогідролічні рульові машини, СТЛ-6 був цілком електричний). Подальшим розвитком автопілотів серії АВП були автопілоти АП-42, АП-45, до цього ж покоління можна віднести й автопілот АП-5. Усі автопілоти I покоління виконували функції лише кутової стабілізації, застосовуючи прості закони управління – регулювання за інформацією про відхилення поточного значення кутового положення від заданого.

У роки Другої світової війни на радянських літаках використовувалися триканальні автопілоти I покоління (канали руля нахилу, елеронів і руля висоти). Американські літаки наприкінці війни були оснащені триканальними автопілотами С-1, які забезпечували координований розворот і були спряжені зі штурманським обладнанням.

Подальший розвиток авіації висунув необхідність підвищення якості автоматичної стабілізації та безпеки польоту з увімкненим автопілотом. Тому в 50-ті роки були розроблені і почали широко застосовуватися автопілоти II покоління (АП-6Е, АП-15, АП-7, АП-28).

У порівнянні з I поколінням автопілоти II покоління конструктивно базуються на ускладнених законах управління, забезпечують стабілізацію кутових положень та висоти польоту, мають спеціальні рукоятки режимів

управління (строїкові рукоятки, рукоятки розвороту, рукоятки “спуск-підйом”), виконують деякі додаткові функції, наприклад, приведення літака до горизонтального польоту. Деякі автопілоти II покоління мають зв'язок зі штурманським обладнанням. Але використання цих автопілотів обмежується крейсерськими режимами польоту та висотами більше 1000 м.

У той же час при розробці реактивних надзвукових літаків виникають питання забезпечення для цих літаків приїнятних характеристик стійкості та керованості в усьому діапазоні експлуатаційних висот та швидкостей польоту, а цього не можна досягти тільки за рахунок удосконалення аеродинамічного компонування. Тому на літаках цього покоління встановлюють пристрої часткової автоматизації польоту: демпфери кутових коливань, автомати стійкості, автомати регулювання управління, які цілеспрямовано коректують окремі показники стійкості та керованості літака. Ці пристрої являють собою приклад автоматів із пасивним самоналадженням залежно від висоти та швидкості польоту.

У 60-х роках минулого століття на літаках починають впроваджувати системи напівавтоматичного (директорного) управління заходом на посадку. Це системи директорного управління “Путь - 4” та “Привод”. Посадка – це найскладніший етап польоту, на якому трапляється більша частина всіх льотних пригод і катастроф, і системи директорного управління призначені для розвантаження пілота від процесу обробки пілотажної інформації на цьому етапі польоту з метою підвищення безпеки польоту. Задачу оброблення інформації вирішував обчислювач системи директорного управління, до якого надходила вся необхідна пілотажно-навігаційна інформація. Сформований в обчислювачі сигнал управління надходив на командні стрілки командно-пілотажного приладу, які вказували пілоту, куди необхідно відхилити важіль управління, щоб утримуватися на заданій траєкторії заходу на посадку.

У подальшому ці системи поєднують з автопілотами, тобто, сигнал управління, сформований в обчислювачі системи директорного управління, надходить безпосередньо на рульові приводи автопілота. Такі автопілоти –

автопілоти III покоління – стають прообразом сучасних САУ, оскільки вирішують задачу цілеспрямованого управління траєкторією польоту, наприклад, бортова система заходу на посадку БСУ-3П створена на основі автопілота АП-6Е і системи директорного управління “Путь-4МП”.

70-ті роки минулого століття характеризуються бурним розвитком САУ повітряних суден. На відміну від автопілотів САУ реалізує цілеспрямоване управління траєкторією на різних етапах польоту (захід на посадку, політ за маршрутом, вихід на аеродром посадки тощо), для цього САУ спрягаються з комплексами бортового обладнання (навігаційними комплексами, системами забезпечення посадки, радіотехнічними системами). До складу САУ входять підсистеми поліпшення характеристик стійкості та керованості: демпфери, автомати стійкості, автомати регулювання управління, які раніше працювали як окремі системи. Значна увага приділяється безпеці польоту з увімкнутою САУ (вбудовані системи контролю, резервування каналів і окремих агрегатів САУ). На літаках починають встановлювати автоматичні системи обмеження граничних режимів польоту. Окремі САУ мають у своєму складі канал керування тягою двигуна (автомат тяги) для управління швидкістю польоту. На деяких літаках починають використовувати електродистанційні системи керування рульовими поверхнями, в яких роль виконавчих пристроїв виконують сервоприводи САУ.

У 80-ті роки минулого століття удосконалюється елементна база САУ (модульні конструкції, мікросхеми), у складі деяких САУ з'являються цифрові обчислювачі – обчислювачі траєкторного управління. Кроком уперед можна вважати впровадження на літаках відділених від САУ окремих багатофункціональних систем управління, які виконують функції електродистанційної системи керування рульовими поверхнями, комплексної корекції характеристик стійкості та керованості літака, обмеження граничних режимів польоту, підвищення маневрених характеристик літака. Керувати літаком без такої системи просто неможливо. Вона вмикається перед зльотом і вимикається тільки після посадки літака. При проектуванні

нових літаків намагаються з'єднати можливості САУ з конструкцією літака. Управління набуває для літака таке саме значення, як аеродинамічні та конструктивні особливості планера. Застосування спеціальних систем управління дозволяє раціонально змінити конструкцію літака, що проектується. Із 90-х років минулого століття на літаках починають впроваджуватись системи безпосереднього управління аеродинамічними силами, за допомогою яких літак може виконувати незвичайні види маневрів: поступальне переміщення фюзеляжу без зміни кутів положення або зміна кутів положення без зміни напрямку траєкторії руху. Реалізуються системи безпосереднього управління аеродинамічними силами в окремих контурах САУ або в багатофункціональних системах управління. Продовжує удосконалюватися елементна база САУ, цифрові обчислювачі дозволяють реалізувати оптимальне управління на деяких режимах польоту, наприклад, на режимі набору висоти.

У теперішній час продовжується тенденція розподілу САУ на системи поліпшення пілотажних характеристик і на систему траєкторного управління. Причому система поліпшення пілотажних характеристик будується як активна система, яка буде виконувати такі додаткові функції, як гасіння пружних коливань конструкції літака, парирування турбулентності атмосфери, попередження аеродинамічного флатера та ін. Авіаційні конструктори пропонують нові засоби підвищення маневреності літаків, наприклад: адаптивне крило, поворотне сопло інші, застосовувати які можна тільки використовуючи автоматику управління польотом.

Продовжується також тенденція інтегрування САУ з комплексами бортового обладнання. Система автоматичного управління звільняється від надмірних датчиків інформації, якщо і її можна отримати від зовнішніх систем. За виконавчі пристрої САУ все частіше використовують літакові бустери, які мають автопілотний вхід. Обчислювальне ядро САУ удосконалюється, багатократно резервується, охоплюється системою вбудованого контролю. Зростає складність алгоритмів управління, продовжується процес автоматизації окремих етапів польоту.

Розділ 1.

Аналітичний опис елементів бортових систем управління літальних апаратів (БСУ ЛА).

1.1. Основні етапи створення бортових систем управління літальних апаратів

Створення сучасних бортових систем управління (БСУ) літальних апаратів (ЛА) можна представити у вигляді послідовності етапів, на кожному з яких здійснюються розрахунково-теоретичні дослідження із застосуванням математичних моделей різної складності та різного ступеня відповідності натурним характеристикам елементів систем, проводяться експериментальні дослідження та аналіз отриманих результатів, а також приймаються рішення щодо виконання наступних етапів роботи. Основним завданням досліджень є встановлення відповідності параметрів БСУ вимогам Технічного завдання (Технічних умов). Необхідно за деякою сукупністю параметрів, щовимірюються в процесі випробувань, побудувати повні характеристики БСУ, встановити функціональні залежності між вхідними та вихідними параметрами елементів БСУ та системи в цілому, оцінити її стан, отримати дані, необхідні для ідентифікації стану об'єкта управління та елементів автоматики, а також для оцінки відповідності характеристик конкретних досліджуваних екземплярів БСУ даного типу

					НАУ. 22. 01 .55 000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Вольський Р.В.			Аналітичний опис елементів бортових систем управління літальних апаратів	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.								
Реценз.								
Н. Контр.		Дивнич М.П.				ФАЕТ- 21 ¹² гр.		
Затверд.		Мельник Ю.В.						

на встановлених і перехідних режимах технічних вимог, що висуваються до них. В даний час розроблено велику кількість методів ідентифікації динамічних характеристик БСУ. Однак усі вони мають низку обмежень (недоліків), які знайшли оцінку у роботах В.В. Солодовнікова і дозволили йому сформулювати одну з основних причин порушення еквівалентності між діючими системами та їх математичними моделями –

примусове зниження порядку диференціальних рівнянь, які використовуються для опису систем. Додатково можна зазначити, що більша частина методів ідентифікації, що застосовуються в рамках НДДКР з розробки БСУ ЛА, є за своєю суттю наближеними і їх застосування дозволяє отримувати лише «грубі» моделі. У статті пропонуються аналітичні методи пасивної параметричної ідентифікації динамічних характеристик лінійних стаціонарних систем невідомого порядку, які відрізняються від відомих методів аналітичною точністю, простотою реалізації у складі БСУ ЛА.

Система керування польотом (FMS або БСУ) — це комп'ютеризована система, яка допомагає пілоту контролювати та керувати системами літака (ПК) для безпечного польоту. Система FMS обробляє всі технічні, рутинні операції з системами ПК, які використовуються під час польоту, дозволяючи пілоту витратити більше часу на керування польотом, ніж на налаштування систем. Під час польоту пілот ПК використовує велику кількість пілотажних і навігаційних засобів. Інформація від кожного з них важлива для навігації літаків і безпеки повітряного руху. У повітрі, на різних етапах польоту, пілот ПК потребує різноманітної пілотажної та навігаційної інформації від принципово різних навігаційних систем. Так, наприклад, під час посадки найважливішою інформацією від системи посадки є інформація про відхилення від глісади, а під час польоту за маршрутом — орієнтування за наземними радіомаяками та супутниковою навігацією. Сучасні навігаційні системи занадто складні у використанні (пілоту ПК доводиться витратити багато часу на їх використання).

1.2. БСУ ЛА як динамічні системи, види математичних моделей елементів БСУ ЛА

Істотно важливим у теорії математичного моделювання є постійне узгодження всіх аспектів побудови моделі із завданнями та цілями дослідження. Тому зосередимо увагу на деяких істотних для досліджень особливостях механічних систем та процесів. По-перше, фактори, що визначають такі об'єкти, характеризуються, як вимірювання, ні величини - параметри. По-друге, в основі таких моделей лежать рівняння, що описують фундаментальні закони природи (механіки), не потребують ні в перегляді та уточненні. Навіть готові приватні моделі окремих явлень, що використовуються при складанні більш загальних, добре сформульовані та описані з погляду умов та областей застосування. По-третє, найбільшу труднощі розробки моделей механічних систем і процесів представляє опис недостовірно відомих характеристик об'єкта, як функціональних, і числових. По-четверте, сучасні вимоги до таким моделям призводять до необхідності врахування безлічі факторів, що впливають на поведінку об'єкта, не тільки таких, що пов'язані відомими законами природи. Всі ці особливості призводять до того, що моделі механічних систем та процесів відносяться в основному до класу математичних.

Математичні моделі ґрунтуються на математичному описі об'єкта. До математичного опису насамперед входять, і це природно, взаємозв'язки параметрів об'єкта, що характеризує його особливості функціонування. Такі зв'язки можуть подаватися у вигляді:

- вектор-функцій $y = f(x,t)$,
- неявних функцій $F(y,x,t) = 0$,
- звичайних диференціальних рівнянь $F(x,x',x'',\dots,x^{(m)},t) = 0$,
- диференціальних рівнянь із частинними похідними

$$\mathbf{F}\left(\mathbf{y}, \mathbf{x}, t, \frac{\partial \mathbf{y}}{\partial \mathbf{x}}, \frac{\partial \mathbf{y}}{\partial t}, \dots\right) = 0$$

- обчислювального алгоритму,

- імовірного (стохастичного) опису.

Перші чотири із зазначених видів мають узагальнену назву: аналітичних залежностей.

Математичний опис містить не тільки взаємозв'язок елементів і параметрів об'єкта (закони і закономірності).

ментів і параметрів об'єкта (закони і закономірності), а й повний набір числових і функціональних даних об'єкта (характеристики; початкові, граничні, кінцеві умови; обмеження), а також методи обчислення вихідних параметрів моделі. Тобто під математичним описом розуміється повна сукупність даних, функцій і методів обчислення, що дає змогу отримувати результат.

Зі свого боку в математичну модель може не входити частина математичного опису (найчастіше деякі вихідні дані), але крім нього повинні бути описи всіх припущень, використаних для її побудови, а також алгоритми перекладу вхідних та вихідних даних з моделі на оригінал та назад

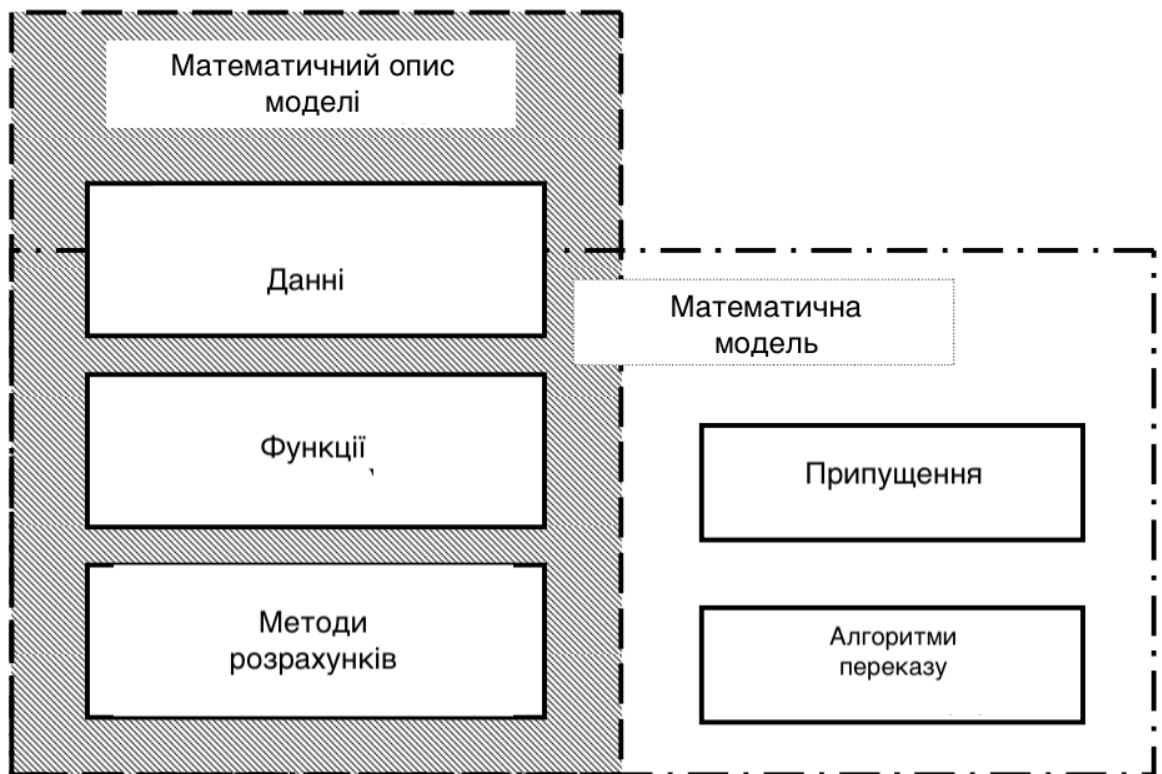


рис. 1.1

Як доповнення до класифікації математичні моделі у залежності від природи об'єкта, розв'язуваних завдань та застосовуваних методів можуть відрізнятися такими видами:

- Розрахункові (формули, таблиці, алгоритми, графіки, номограми);
- відповідні (наприклад, модель в аеродинамічній трубі та реальний політ літака в атмосфері);
- подібні (однакові математичні описи та пропорційні відповідні параметри);
- Лінійні або нелінійні (описувані функціями, які містять основні параметри тільки в ступені 0 і 1 або будь-якими видами функцій),
- стаціонарні чи нестаціонарні (незалежні чи залежні від часу),
- безперервні або дискретні,
- детерміновані чи стохастичні (точні, однозначні чи ймовірнісні: моделі масового обслуговування, імітаційні та ін.),
- Чіткі або нечіткі (приклади нечітких множин: близько 10; глибоко або дрібно; добре або погано).

Поняття математичних моделей поєднує надзвичайно широке коло моделей різноманітного виду. Апроксимація, що використовується в аеродинаміці поляри літального апарату $c_{xa} = c_{xa0} + \frac{c_{ya}^2}{\pi\lambda}$ може розглядатись як математична модель. Це найпростіший приклад. Але математичними моделями називаються і складні обчислювальні комплекси з численним програмним забезпеченням для моделювання процесів розвитку.

Історично склалося так, що під математичною моделлю іноді мається на увазі лише один особливий вид моделей, що містять суто однозначний прямий математичний опис як аналітичних залежностей чи обчислювальних алгоритмів – тобто. детермінована математична модель, за допомогою якої при одних і тих самих вихідних даних можна отримати тільки один і той же результат. Найбільшого поширення набули детерміновані моделі, що встановлюють зв'язок з параметрами оригіналу за допомогою коефіцієнтів пропорційності, всіх одночасно рівних одиниці. Математичний опис, що використовується такою

моделлю, природно розглядати як опис безпосередньо оригіналу – і це вірно: у моделі та оригіналу в цьому випадку існує один загальний математичний опис. У силу такої простоти невибагливий інженер сприймає і модель вже не як модель, а як оригінал. Насправді така математична модель є все ж таки моделлю з усіма умовностями, абстракціями, припущеннями, спрощеннями, покладеними в її основу. Виникає бажання "спростити" процес добротного моделювання, що в принципі неможливо, тому що модель або відповідає оригіналу, або її взагалі немає. Зневажливе ставлення до цього провокує безліч помилкових висновків у прикладних дослідженнях і отримані результати не узгоджуються з реальністю.

1.3. Динамічні системи, принципи їх класифікації

Реальні системи та впливи на них доцільно описувати математичними моделями, які, в свою чергу мають бути в рамках вирішуваних задач адекватними по реакціям реальних систем на реальні впливи.

Динамічна система – це математична модель яка відображає характер перетворення системою вхідної інформації у вихідну

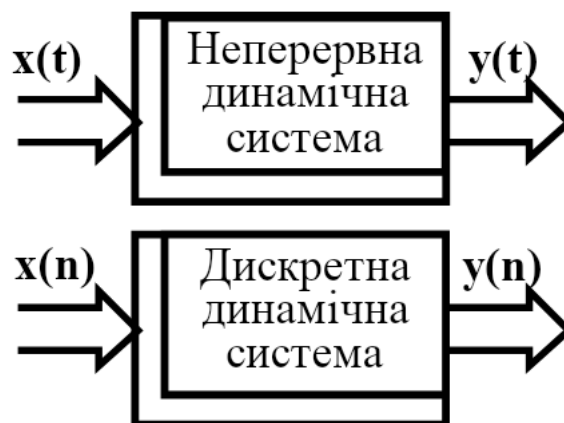


рис. 1.2. Структури динамічних систем

Математична модель системи дає можливість знайти залежності між вхідними сигналами (вектор x) і вихідними (вектор y). Впливи на систему і її реакція на них можуть бути функціями неперервного t чи дискретного n часу (рис. 1.2.).

Треба сказати, що при теперішніх технологіях побудови обчислювальних частин систем і комплексів, як правило, немає необхідності поділяти системи на безперервні та дискретні. Можливо шукати структури регуляторів в системі як безперервні, а лише потім апроксимувати їх цифровою структурою. Вхідні та вихідні сигнали досліджуємої системи можуть бути детермінованими, випадковими чи стохастичними.

Стохастичні сигнали – це сума детермінованих та випадкових. Вхідні сигнали можуть бути програмними чи управляючими (r), збуреннями (ψ) і завадами вимірювань (φ). Перетворення вхідних сигналів $x(t)$ у вихідні реакції системи у суттєвій мірі залежить від динамічних властивостей системи від її

оператора. Часткові види операторів можуть являти собою рівняння математичної фізики, диференційні рівняння у часткових похідних, звичайні диференційні лінійні та нелінійні рівняння, інтегральні та інтегро-диференційні рівняння, передаточні функції, частотні характеристики, перехідні функції і таке інше. Як правило, визначають (рис. 1.3) ще так званий бажаний вихідний сигнал і та так званий оператор A і бажаного перетворення корисного вхідного сигналу r (це програмний чи управляючий сигнал) досліджуємою системою у вихідний.

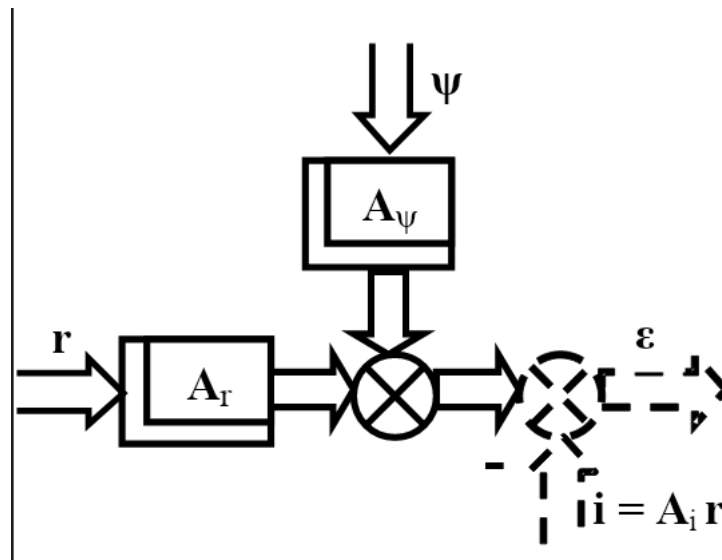


рис 1.3 Структура лінійної динамічної системи

Крім того визначають також сигнал ε , що є алгебраїчною сумою бажаного та дійсного вихідних сигналів системи. Сигнал ε , як правило, його називають узагальненою помилкою системи чи просто помилкою. Оператори у системи можуть бути інваріантними у часі (постійними), детермінованими функціями часу та стохастичними функціями.

Класифікація динамічних систем відбувається такими показниками як чисельність входів-виходів, наявність або відсутність зворотних та перехресних зв'язків у системі, властивості операторів та цільові функції функціонування системи та деякі інші. За наявності одного виходу та одного входу систему називають скалярної чи одномірної. При кількості входів та виходів, більшою ніж один, система вважається багатовимірною. За наявності в системі контурів, що є зворотними зв'язки, що розпізнають одноконтурні, дво та багатоконтурні системи. За наявності у системі перехресних зв'язків, систему вважають багатопов'язаним. Коли система має кінцеву чисельність входів-виходів, то її вважають системою з дискретними входами (виходами). Коли входи чи виходи системи строго не розпізнаються, то вона вважається системою із поширеними параметрами. В цьому у разі динаміка системи повинна описуватися диференціальними рівняннями в часткових похідних чи рівняннями математичної фізики. Коли оператори числові, система має назву стаціонарний. У випадках, коли оператори системи мають функції часу, система нестационарна. Можливо,

що структури, параметри операторів системи – детерміновані функції. Тоді система має детермінований оператор чи оператори. Коли структури або параметри операторів системи

випадкові функції часу, то оператори системи називаються стохастичними.

Особливо важливо розрізняти лінійні та нелінійні системи. Система буде лінійною, коли для неї справедливим принцип суперпозиції. Спрощено цей принцип трактується так: при наявності на вході лінійної системи деякої суми вхідних сигналів її вихідний сигнал буде однаковим під час перетворення оператором системи кожного з вхідних сигналів окремо або під час перетворення оператором усієї суми вхідних сигналів одночасно. Залежно від конкретики розв'язуваного завдання кожна реальна система може вважатися динамічною чи логічною. Наприклад, генератор бортової електромережі літального апарату в пускових або зупинених режимах є динамічною системою, а в тривалому польоті літака і при нормальній роботі генератора, він може розглядатися як деяка логічна система. Залежно від складності та призначення систем виділяють складні та великі динамічні системи. До складних систем відносять технічні пристрої, прилади, системи та комплекси, що працюють у стаціонарних умовах. Головна відмінність великих систем (організацій) полягає в тому, що це людсько-машинні комплекси, функціонуючих для реалізації цілей системи (технологічні процеси роботи підприємств, поведінка соціального середовища та тощо). Але всі правила управління складних систем можливі застосовувати для керування великими.

Крім зазначених вище назв систем залежно від видів регуляторів рухів, що використовуються в системі, останні можуть називатися оптимальними, адаптивними, грубими, рабастними, малочутливими тощо.

Основні види динамічних систем. Як все було зазначено, будь-яка реальна система за необхідності може розглядатися як динамічна. Нижче наведено кілька характерних видів динамічних систем, що належать до різних сфер діяльності людини (технічної, біомедичної, техніко-економічної, агропромислової та тощо).

Приклад. Електромеханічна або електронна слідкувальна система

відтворення кута курсу літака на приладі-повторювачі в кабіні пілота. Показання щодо курсового гіроскопічного приладу, який розміщується на одному із шпангоутів літака, як програмний сигнал подається через систему, що стежить на прилад-повторювач або на дисплей. Система управління слідуванням має забезпечити висока точність відтворення сигналу курсу у кабіні пілота.

Приклад. Оптимальна стабілізація діаграми спрямування бортовою станцією радіолокації по радіобую для визначення дійсного курсу літака у реальному, стохастично обуреному крейсерському польоті . Справа в тому, що за такого польоту горизонтальна площина локатора не збігається з горизонтом та Виникає велика помилка в оцінці курсу. Потрібно приймати цілий ряд заходів для досягнення необхідної точності оцінки.

Приклад. Оптимальна система стабілізації літака на заданій траєкторії крейсерського польоту. Успішне вирішення таких задач дуже важливо у зв'язку з переходом на польоти в міжнародних транспортних ешелонах з найвищою досяжною точністю. Потрібно попередньо знати моделі динаміки як самого літака, та й стохастичних впливів, що обурюють реальний політ.

Приклад. Динамічна атестація блоків вимірювачів первинної навігаційної інформації літака у обуреному крейсерському польоті. Норми льотної придатності вимагають оцінювати точність бортових вимірювачів в умовах, близьких до реального обуреного польоту. Треба оптимально оцінювати як перехресні зв'язки блоках вимірювачів, що виникають у конкретному польоті, так і моделі динаміки перешкод вимірювань у зазначених умовах

Приклад. Оптимальна модернізація управління унікальним комплексом імітації обуреного аерокосмічного польоту. Спочатку потрібно провести етап структурної ідентифікації моделей динаміки рухомої багатовимірної частини комплексу та діючих на комплекс неконтрольованих стохастичних впливів, а потім синтезувати оптимальні багатовимірну структуру та параметри системи управління рухом імітатора (система нелінійна з великим запізненням у сервомеханізмах).

Збурене функціонування динамічних систем. Розрізняють так звані розрахункові чи нормативні режими роботи динамічних систем, а також так звані збурені режими. Нормативні режими фактично у чистому виді в природі не існують, це лише первинна уява дослідника системи про можливості системи в досягненні цих чи інших цілей при її функціонуванні. У реальних режимах роботи на динамічну систему постійно впливає ціла низка збурюючих динамічних факторів, які відхиляють визначальні вихідні параметри від нормативних. Збурюючі фактори, як правило, мають стохастичний характер. Априорні уяви про статистичні характеристики цих факторів, зазвичай, неповні чи зовсім відсутні. Оцінити їх властивості можна на етапах динамічної атестації і ідентифікації, які виконуються при натурних випробуваннях системи чи при випробуваннях, за умовами, близькими до натурних.

Збурення та впливи в динамічних системах, їх характеристики. Априорна невизначеність у властивостях факторів, що обурюють нормативну роботу системи, тим більше ширші допустимі класи їх показників. За способом завдання класи характеристик розподіляють на дві групи: параметричні та непараметричні. Параметричні обурення виникають через мінливість різних параметрів об'єкта управління, регулятора його руху та обурювальних факторів у процесі реальної експлуатації досліджуваної системи параметри можуть змінюватися детермінованим або випадковим чином, можуть змінюватися в кінцевих та нескінченних інтервалах. Зміни параметрів можуть бути описані відповідними математичними залежностями від часу чи частоти.

1.4. Математичний опис та особливості лінійних стаціонарних систем

Опис реальних систем лінійними моделями, принаймні на перших етапах їх досліджень, широко поширених у практики Перш за все це пояснюється великим арсеналом методів. аналізу та синтезу цих систем, можливості огляду поведінки реальної системи у досить широкому колі експлуатаційних умов. Часто оптимізація регуляторів на класі лінійних систем еквівалента створено найкращий регулятор для систем будь-якого класу. Використання лінійних постановок завдань управління стохастичні впливи обумовлюється також необхідністю певним чином гарантувати якість функціонування реальних систем невеликих діапазонах змін експлуатаційних факторів Праворуч тому, що за А.Фельдбаум, нелінійні системи при стохастичних впливах самоорганізуються, а такими системам властиві властивості „самонавчання” та інші ефекти самоорганізації До того ж для нелінійних стохастичних систем немає існує загальні методи дослідження та синтезу. Як зазначено раніше, оператор динамічної системи може бути уявлені у вигляді диференціальних, різницевих, інтегральних та інших рівнянь, а також такими характеристиками як вагова функція, передатна функція та частотна характеристика (останні відносяться лише до лінійних систем). Нижче наведу приклади опису лінійних скупчених найчастіше використовуваних багатовимірних систем. Багатовимірні системи описуються системами вказаних вище рівнянь чи матрицями зазначених характеристик.

Моделі динаміки лінійних систем. Рух безперервних нестаціонарних лінійних систем описується системою диференціальних рівнянь стану [29] виду

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}(t)\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}(t)\mathbf{u}(t) + \mathbf{b}(t)$$

де $\mathbf{x}(t)$ – n -мірний змінний у часі вектор-стовпець (вектор стану системи);

$\mathbf{u}(t)$ – m -мірний вектор-стовпець (вектор управління або обурень);

$\mathbf{A}(t)$ та $\mathbf{B}(t)$ матриці відповідних розмірів ($n \times n$ і $n \times m$).

Коли матриці A та B – постійні, описана система рівнянням (1.1) стаціонарна. Рівняння часу виду (1.1) – найчастіше зустрічається нині як модель динамічної системи, що має перед іншими переваги при машинному вирішенні різних задач динамічних систем.

Опис руху системи апаратом звичайних диференціальних рівнянь. У багатьох практичних випадках входи і виходи системи, що досліджується зв'язують звичайними диференціальними рівняннями. Так, рух стаціонарної багатовимірної системи можна записати як $Px = Mu + \psi$ (1.2)

де x – n -вимірний вектор вихідних координат (реакцій) системи;

u – m -вимірний вектор управлінь; ψ – n -вимірний вектор збурень;

P і M – матриці розміру $n \times n$ і $n \times m$ відповідно, елементи котрих $p_{ij}(p)$

і $m_{ij}(p)$ – операторні поліноми аргументу $p = d/dt$.

Такий вид опису є зручним, коли динамічна система має кількість виходів, що управляють, істотно меншу, ніж координат стану при описі рухів системи рівнянням типу (1.1). Іншими словами, можливо досліджувати одновимірну (скалярну) динамічну систему, що описується одним диференціальним рівнянням n -ного порядку, замість n диференціальних рівнянь

першого порядку. Вирішення задач аналізу останньої можливо у багатьох випадках просто виписувати. Моделі динаміки типу (1.2) уявляються більш зручними у задачах синтезу оптимальних систем стабілізації.

1.5. Прикладні методи ідентифікації: зворотна задача ідентифікації

В останні десятиліття приділяється велика увага питанням експериментального визначення (ідентифікації) моделей динамічних систем управління та їх ланок тому, що, як правило, апріорна інформація про властивості досліджуваних систем та реальні умови їхньої роботи неповної чи взагалі відсутня. У зв'язку з цим створення оптимальних за точністю систем управління пов'язане з великими теоретичними та практичними труднощами. Як наслідок виникла потреба опису динаміки систем та ланок за даними вхід-вихід, які відносно легко отримати під час випробувань. Завдання ідентифікації займають помітне місце у роботах Міжнародної організації автоматичного управління . У В останні роки вони виділяються у самостійний напрямок. Під ідентифікацією розуміють визначення необхідних математичних залежностей, що описують фізичні явища в системі, пов'язані з перетворенням вхідних сигналів у вихідні.

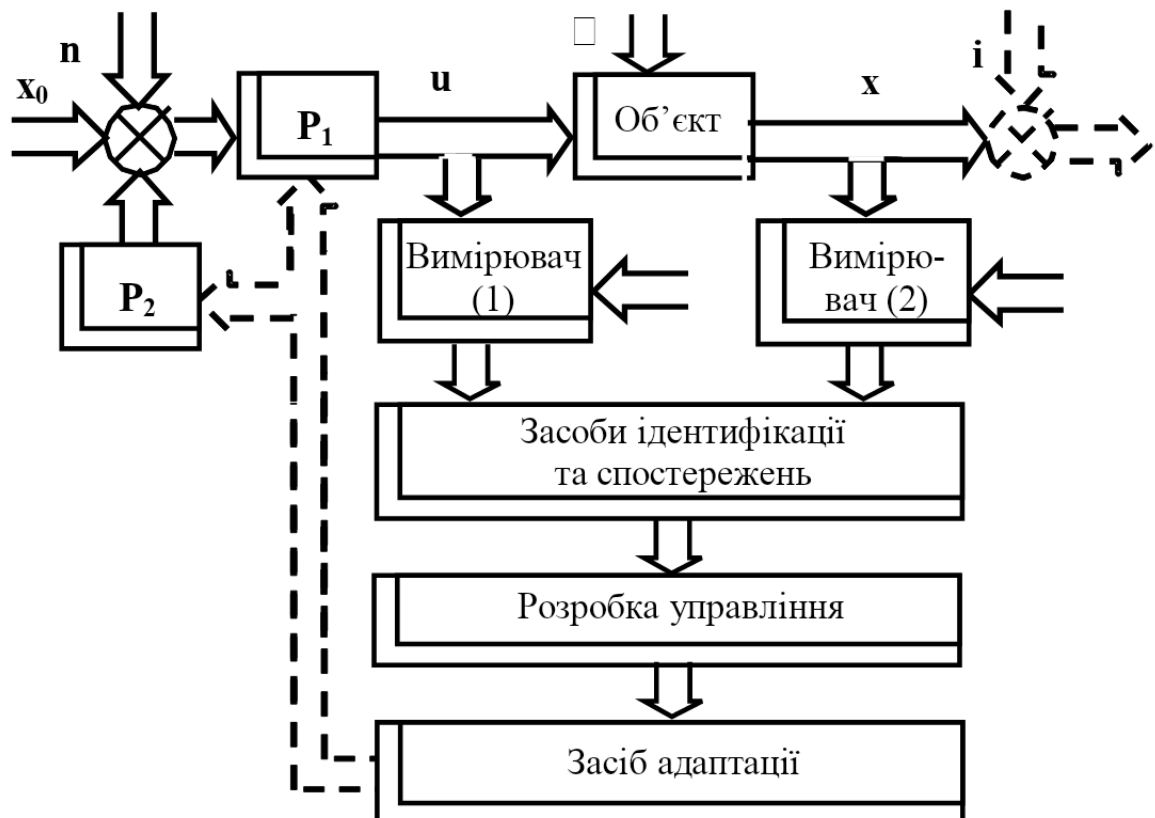


рис 1.4 Структурна схема систем адаптивного управління

Засоби ідентифікації можуть використовуватися в сучасній техніці безпосередньо. Так, на рис.1.4 представлена структурна схема деякої системи при адаптивному управлінні, з якої зрозуміло, що засоби ідентифікації та спостережень – необхідні частини адаптивного керування. Позначення на схемі: P_1 та P_2 – частини регулятора, x_0 – вектор управління. Зі схеми ясно, що кошти ідентифікації та спостережень – необхідні частини адаптивного керування. Не торкаючись усієї безлічі відомих літературних джерел, наприклад, методів та алгоритмів ідентифікації, нижче розглядаються лише нові спектральні структурні методи ідентифікації, які добре зарекомендували себе в інженерній практиці. У цих випадках інформацію про динамічні характеристики сигналів входу та виходу системи досліджується, чи можливо отримувати безпосередньо під час випробувань за результатами вимірювань, які не є "ідеальними", тобто супроводжуються вадами. Вимога стійкості об'єкта, що досліджується, є необхідною, але не жорсткою тому, що випробування проводяться з експлуатованими об'єктами, які мають відповідні засоби їх

стабілізації. Допустимість використання лінійних моделей динаміки об'єкта, особливо на первинних етапах його досліджень, очевидна. Як правило, зовнішні збурення на досліджуваній об'єкт не можна контролювати.

У процесі побудови математичної моделі при недостатній степені її адекватності чи умовах недостатньої інформації про оригіналі виникає необхідність уточнення, " доведення " моделі. Ця процедура носить назву ідентифікації – завдання визначення недостатніх чи неточно відомих параметрів чи функціональних співвідношень моделі з допомогою результатів обчислювального експерименту та даних реальному поведінці об'єкта.

Як найпростіший приклад розглянемо ідентифікацію математичної моделі розбігу літака Ан-2, математичний опис якої складено в при-мірю.

Обчислення всіх необхідних величин дає:

$$V_{отр} = 28,0 \text{ м/с} = 100,8 \text{ км/год};$$

$$A = 3,393 \text{ м/с}^2; B = - 0,007472 \text{ 1 / с}; C = - 0,002812 \text{ 1/м},$$

а для результатів обчислень за формулами Ньютона-Лейбніца за умов даної задачі відповідні вирази дають:

$$T_{разб} = 12; L_{розб} = 205 \text{ м}.$$

Для оцінки адекватності отриманої математичної моделі, як впливає із попереднього матеріалу необхідно порівняти отриманий результат із поведінкою реального об'єкта, тобто із зльотом реального літака Ан-2 у тих самих умовах. Припустимо, що дані такого льотного випробовування отримані та що в них зафіксовано значення дистанції розбігу літака $L_{разб} = 232\text{м}$. Який висновок про адекватність розробленої моделі можна зробити у цьому випадку? Відповідь на таке питання не однозначне, а залежить від того практичного завдання, яке необхідно вирішити – від мети досліджень.

Якщо поставлено завдання оцінити можливість зльоту літака Ан-2 в умовах, близьких до умов льотних випробувань, з ВПП довжиною 300 м, то, мабуть, можна стверджувати, що досягнута точність розрахунку дистанції розбігу (відносна похибка в 13%) забезпечує задовільний ступінь адекватності розробленої математичної моделі. Зауважимо попутно, що в даній постановці завдання досліджень від моделі потрібно лише одне значення дистанції розбігу, а не вид функціональної залежності. Тому критерій несуперечності в оцінці адекватності тут не потрібен, і поняття адекватності цієї моделі збігається з поняттям точності. Якщо поставлено завдання оцінити вплив різних факторів на розбіг літака Ан-2 в умовах, близьких до умов реального польоту, в якому відбулася льотна пригода в момент відриву літака від ЗПС (наприкінці розбігу), то, очевидно, що досягнута відносна точність розрахунку дистанції розбігу (13%) не забезпечує задовільного ступеня адекватності розробленої математичної моделі. Справді: така відносна похибка у визначенні дистанції розбігу може свідчити приблизно такого порядку відносної похибки у визначенні швидкості відриву (яку зареєструвати в реальному польоті дуже важко), що неприпустимо при оцінці умов виникнення позаштатної ситуації. У цьому випадку необхідно "привести" математичну модель у відповідність до реальності. Для цього потрібно проаналізувати математичний опис моделі. У до нього входять функціональні співвідношення, що відображають закони механіки, закономірності аеромеханіки, динаміки польоту, теорії авіадвигунів, теорії тертя – їх піддавати сумніву немає сенсу, тим паче, що сам літак конструювався з урахуванням саме цих співвідношень. Такий елемент математичного опису, як методи обчислення, цієї моделі опинився у вигляді аналітичних формул. Єдиною природою погрішності їх застосування може стати лише похибка обчислення, явно не здатна досягти величини в 13%, тому і їх ставити під сумнів також немає сенсу. Залишається проаналізувати всі вхідні в математичний опис значення числових параметрів предмет їх уточнення. Значення тих параметрів, які відомі недостатньо точно, необхідно ідентифікувати. Якщо, наприклад, значення злітної тяги двигуна при нулі-

виття швидкості $P_0 = 2000$ кгс викликає підозри, оскільки після ремонту він має солідне напруження, то слід підібрати таке менше її значення, яке забезпечить отриману у льотному випробуванні дистанцію розбігу. Таким чином, можна ідентифікувати злітну тягу за відомим значенням дистанції розбігу.

Це, звичайно, найпростіший приклад задачі ідентифікації одного параметра з іншого одного відомого параметра. У випадку вирішення завдання ідентифікації, наприклад, поляри літака за даними льотних випробувань, є складну проблему. Як очевидно з прикладу, на вирішення завдання ідентифікації доводиться проводити безліч розрахунків, складових спеціальний контрольний обчислювальний експеримент з поетапному підбору і корекції математичної моделі. (Тільки в тому випадку, коли модель строго лінійна, можна вирішити задачу ідентифікації за один розрахунок – знайти x із рівняння $ax + b = y$ при відомому y .) Таким чином, завдання ідентифікації вирішується за допомогою методу послідовних наближень у сенсі. При обробці результатів такого обчислювального експерименту використовують статистичні методи: метод найменших квадратів, метод моментів, метод найбільшого.

Оскільки завдання ідентифікації не можна вирішити "прямо", тобто. не можна прямим обчисленням визначити параметри, що бракують, то таке завдання відноситься до особливого класу - зворотних завдань. Слід зазначити, що математично суворо (тобто. безумовно вірно) вирішити зворотне завдання не можна у принципі (крім випадку найпростішої лінійної математичної моделі). Навіть квадратична модель допускає два рішення, а складні нелінійні залежності взагалі необоротні. За словами академіка А.Н. Тихонова будь-яке рішення зворотного завдання слід розглядати лише як «інтерпретацію даних спостережень», що блискуче ілюструється розібраним вище прикладом. Таким чином, ідентифікація математичних моделей зводиться по суті до "інтерпретації" вихідного наближеного числового матеріалу та моделей тих окремих елементів, які не описуються законами природи. Для вирішення завдань ідентифікації найчастіше використовуються: метод спроб та помилок, метод перебору –

вибіркового або послідовного, метод перевірки гіпотез. Останнім методом, зокрема, вирішуються задачі розслідування льотних подій.

1.6. Висновок по розділу 1

У даному розділі ми розібрали основні елементи бортових систем управління літальних апаратів, а також в основних технологіях, які будуть потрібні нам, у подальших розділах для детального розбору теми.

Розділ 2

Етапи аналітичного методу параметричної ідентифікації динамічних характеристик стаціонарних елементів бортових систем управління

2.1. Математичний опис динаміки скалярних лінійних стаціонарних систем.

Система автоматичного управління - це сукупність елементів, з'єднаних у замкнутий контур, які функціонують узгоджено та підпорядковані певній формі управління.

Елементи можна класифікувати так:

		За функціональним призначенням:			НАУ. 22. 01 .55 000 ПЗ			
Змн.	Арк1	Відомо	Підпис	Дат				
Розроб.	2	Вольський Р.В.			Етапи аналітичного методу параметричної ідентифікації динамічних характеристик стаціонарних елементів бортових систем	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Відав І.В.						
Реценз.								
Н. Контр.		Дивнич М.П.				ФАЕТ- 214 ³¹ гр.		
Затверд.		Мельник Ю.В.						

3. Виконавчі

4. Корируючі

По виду енергії, що використовується для роботи:

1. Електричні

2. Механічні

3. Гідравлічні

4. Пневматичні

5. Комбіновані

За характером математичної відповідності між вхідним та вихідним сигналами.

При математичному описі елементи називаються ланками САУ. Незважаючи на різноманіття різноманітних елементів і незалежно від фізичних принципів їх роботи, поведінка кожного з них може бути описана диференціальним рівнянням, що зв'язує вхідну та вихідну змінні. Елементи описуються, зазвичай, диференціальними рівняннями першого чи другого порядку.

При об'єднанні в систему порядок диференціального рівняння збільшується.

Розглянемо одномірну модель з одним входом і одним виходом, і позначимо вхідну величину ланки через $u(t)$, а вихідну через $y(t)$. При розгляді лінійних систем статична характеристика $y = f(t)$ будь-якої ланки може бути зображена прямою лінією. У позиційній (або підсилювальній) ланці лінійної залежності $y = Ku$ пов'язані вхідна і вихідна величини в режимі, що встановився (рис 2.1). Тут – коефіцієнт передачі чи коефіцієнт посилення ланки. В інтегруючих ланках лінійної залежності $du = Ku \text{ (рис. 2.1,б) } dt$

Вхідні та вихідні величини і вхідна величина в режимі, що встановився, або $y = K \int u dt$ звідки і походить назва ланки. Якщо вхідна та вихідна величини мають однакову розмірність, то K має розмірність $[c-1]$.

У диференціюючих ланках лінійної залежності $y = K du / dt$ (рис. 2.1, в) пов'язані в режимі вихідна величина і похідна вхідної величини. Якщо вхідна та вихідна величини мають однакову розмірність, то K має розмірність [с].

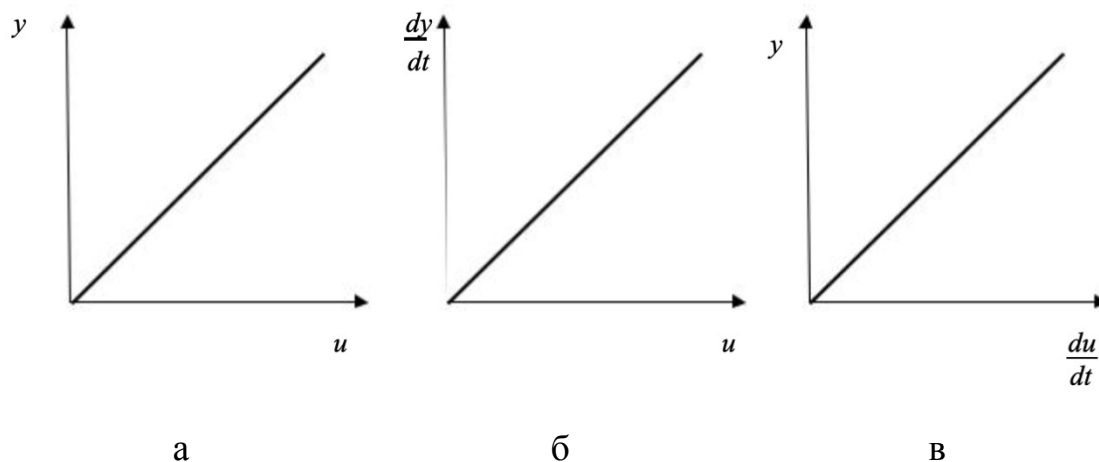


рис 2.1 Статистична характеристика ланок

Розглянуті ланки ідеалізовані, оскільки не враховується їхня інерційність.

Для ілюстрування складання моделі (1.2) використаємо систему диференціальних рівнянь з постійними коефіцієнтами, яка описує поздовжній рух літака у часовій області, після використання перетворення Лапласа отримаємо наступний вид системи рівнянь

$$\begin{aligned}
 (p + n_{11})\vartheta + n_{12}\alpha + n_{13}v + n_{14}h &= n_p \delta_p + f_1; \\
 -n_{21}\vartheta + (p + n_{22})\alpha - (p + n_{23})v + n_{24}h &= f_2; \\
 n_{31}\vartheta + (n_0 p + n_{32})\alpha + p(p + n_{33})v + n_{34}h &= -n_\vartheta \delta_\vartheta + f_3; \\
 \alpha - \vartheta + ph &= v_y,
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

де n_{ij} – нормовані аеродинамічні коефіцієнти; α , v , v і h – вихідні координати літака;

n_p, n_α – коефіцієнти ефективності рулів управління;

δ_p і δ_α – вхідні управляючі координати літака;

f_i ($i = 1, 2, 3$) та v_y – збурення.

Визначивши позначення

$$\mathbf{x} = (\vartheta, \alpha, v, h)'; \quad \mathbf{u} = (\delta_p, \delta_\alpha)'; \quad \Psi = (f_1, f_2, f_3, v_y)';$$

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p + n_{11} & n_{12} & n_{13} & n_{14} \\ -n_{21} & p + n_{22} & -(p + n_{23}) & n_{24} \\ n_{31} & n_0 p + n_{32} & p(p + n_{33}) & n_{34} \\ 0 & 1 & 1 & p \end{bmatrix}; \quad \mathbf{M} = \begin{bmatrix} n_p & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & -n_B \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

систему рівнянь (2.1) можливо представити векторним рівнянням типу (1.2).

2.2. Диференційні рівняння з постійними коефіцієнтами; ДР в формі Коші; Передавальні функції

Для вивчення властивостей складних фізичних систем та їх управління необхідно мати математичні моделі, тобто встановити взаємозв'язки між змінними, які характеризують поведінку системи. Рівняння, які крім невідомих функцій однієї або декількох змінних містять також їх похідні називаються диференційними рівняннями (ДР). В ДР, які описують автоматичні системи, в якості незалежної змінної розглядається час, а змінні, що описують їх поведінку, є функціями часу. Для таких систем ДР є описом цих систем у часовій області.

ДР називаються звичайними, якщо невідомі функції є функціями однієї змінної. Співвідношення вигляду

$$F(t, x, x', \dots, x^{(n)}) = 0$$

(2.2)

яке зв'язує змінну t , невідому функцію x та її похідні до порядку n включно, називається звичайним ДР n -ого порядку, де n – порядок ДР.

Крім звичайних ДР, існують ДР у частинних похідних. Вони містять функцію двох або більше змінних та похідні від цієї функції принаймні за двома різними змінними. Наприклад, рівняння Лапласа

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$$

В деяких задачах є не одна, а декілька невідомих функцій, пов'язаних між собою ДР. Тому будемо говорити, що

$$\begin{cases} F_1 \left(t, x_1, \dots, x_n, \frac{dx_1}{dt}, \dots, \frac{dx_n}{dt}, \frac{d^k x_1}{dt^k}, \dots, \frac{d^k x_n}{dt^k} \right) = 0, \\ \dots \\ F_n \left(t, x_1, \dots, x_n, \frac{dx_1}{dt}, \dots, \frac{dx_n}{dt}, \frac{d^k x_1}{dt^k}, \dots, \frac{d^k x_n}{dt^k} \right) = 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

є системою звичайних ДР (порядку k).

Оскільки ДР застосовується для опису лінійної поведінки, нелінійних, стаціонарних, нестаціонарних систем, тому існує класифікація ДР щодо особливостей описуваних ними процесів. Більшість систем є лінійними, у деякому діапазоні змін змінних змінних. Більшість реальних систем нелінійні. Систему можна визначити як лінійну, якщо використовувати вплив, що на неї впливає, і реакцію на цей вплив. Необхідними умовами лінійності системи є відповідний зв'язок між впливом на систему та її реакцією на нього. Лінійна система задовольняє властивостям суперпозиції та гомогенності.

Якщо на систему, яка знаходиться в стані спокою, подати збурення $x_1(t)$, то на виході з'явиться реакція $y_1(t)$. Якщо при тих самих умовах на систему подати збурення $x_2(t)$, то її реакцією буде $y_2(t)$. Необхідною умовою лінійності є те, що

при збуренні $x_1(t) + x_2(t)$, система є реакцію $y_1(t) + y_2(t)$. Ця умова називається принципом суперпозиції.

Крім того в лінійній системі повинна виконуватися властивість гомогенності. Будемо вважати що входом системи є змінна $x(t)$, а виходом – змінна $y(t)$. Тоді необхідно, щоб при множенні вхідної змінної на константу β реакція (вихідна змінна) системи змінилась в таку ж саму кількість разів, тобто була $\beta y(t)$. Якщо система описується залежністю $y = x^2$, то ця система не є лінійною, оскільки для неї не виконується принцип суперпозиції. Система з рівнянням $y = mx + b$ також не є лінійною, оскільки вона не відповідає властивості гомогенності.

Однак для багатьох реальних (нелінійних) систем варіацію змінних у вузькому діапазоні можна вважати як лінійну, тобто апроксимувати лінійними залежностями.

ДР лінійно, якщо невідома функція та її похідні входять в рівняння лінійно. Таким чином, лінійне ДР першого порядку, що описує співвідношення між функціями часу входу $f(t)$ та виходу $y(t)$ системи має вигляд

$$\frac{dy(t)}{dt} + p(t) \cdot y(t) = f(t) \quad (2.4)$$

Його рішення завжди можна записати за допомогою інтегралів від відомих функцій. Важливим класом лінійних ДР є лінійні ДР із постійними коефіцієнтами (вони описують поведінку стаціонарних систем, тобто. систем, параметри яких незалежні від часу). Наприклад, на противагу (2.4)

$$\frac{dy(t)}{dt} + p \cdot y(t) = f(t) ,$$

Або ДР другого порядку:

$$a_0 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_2 y(t) = b_0 f(t) \quad (2.5)$$

де t – змінна-час, $f(t)$ – вхід (вплив), $y(t)$ – вихід (реакція), a_i b_i p - задані постійні коефіцієнти.

Відповідно існує клас нестационарних систем, що описуються ДР із змінними коефіцієнтами (один або кілька параметрів є функціями часу), приклад ДР (2.4) або на протипагу (2.5):

$$a_0(t) \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + a_1(t) \frac{dy(t)}{dt} + a_2(t) y(t) = b_0(t) f(t)$$

Рівняння, які містять невідомі функції та їх похідні у ступені вище першої або задані будь-яким складнішим способом, називаються нелінійними. Фізичні рівняння лінійні лише першому наближенні, подальше та більш точне дослідження, як правило, потребує використання нелінійних рівнянь. Крім того, багато завдань нелінійні за своєю суттю, а, як зазначалося раніше, у нелінійних системах принцип суперпозиції не виконується.

Прикладами опису нелінійних систем є $\bar{c}(t) + c^2(t) = r(t)$, $\bar{c}(t) + \sin[c(t)] = r(t)$, $\bar{c}(t) + 3\bar{c}(t) + 2\bar{c}(t)c(t) = r(t)$, де $r(t)$ – вхід (вплив), $c(t)$ – вихід (реакція) системи.

В теорії ДР початкові та граничні умови – це доповнення до основного ДР (звичайного чи в частинних похідних), яке задає його поведінку в початковий момент часу або на границі області, що розглядається, відповідно.

Зазвичай ДР має не один розв'язок, а цілу їх множину. Початкові та граничні умови дозволяють вибрати з цієї множини один розв'язок, який відповідає реальному фізичному процесу або явищу. В теорії звичайних ДР доведена теорема існування та єдиності розв'язання задачі з початковими умовами (так звана задача Коші).

Функція $x = \xi(t, C)$ де C - довільна постійна, називається загальним рішенням рівняння в області G якщо шляхом відповідного вибору постійної C можна отримати будь-яку інтегральну криву, що у області G . Якщо в загальному розв'язку довільній постійній C надати конкретне значення $C = C_0$, то отриманий розв'язок називається частинним розв'язком ДР. $x = \xi(t, C_0)$

Знаходження розв'язку $x = \xi(t)$, яке задовольняє умову $x(t_0) = x_0$ де t_0 та x_0 задані числа, називається задачею Коші (або задачею про початкові умови).

Математичний запис задачі Коші:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = f(t, x), \\ x(t_0) = x_0. \end{cases}$$

Виникає питання, яким умовам повинна задовольняти функція $f(x, t)$, щоб рівняння мало єдиний розв'язок задачі Коші. Відповідь на це питання дає теорема про існування та єдиність розв'язку.

Основні властивості передавальних функцій.

1. В загальному випадку передавальні функції скалярних лінійних систем автоматичного регулювання з постійними параметрами є дробово-раціональними функціями аргументу s , до того, як правило, степінь чисельника менше або рівна степені знаменника.

2. Якщо динамічна система має декілька входів x_i , $i = 1, m$ та декілька виходів y_j , $j = 1, n$, то вона є багатовимірною. Математичною моделлю такої системи у частотній області є матрична передавальна функція $W(s)$ – це матриця розмірності $n * m$, елементами якої є передавальні функції від певного виходу y_j до певного входу x_i .

3. Для стаціонарних систем із скупченими параметрами елементи матричної передавальної функції – це дробово-раціональні функції комплексної змінної s :

$$W_{ij}(s) = \frac{M_{ij}(s)}{D_{ij}(s)} = \frac{b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \dots + b_{m-1} s + b_m}{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n}$$

4. Елемент i -ої строки та j -ого стовпчика матричної передавальної функції дорівнює відношенню зображення i -ої координати вектора виходу до j -ої координати вектора управління при нульових початкових умовах:

$$W_{ij}(s) = \frac{Y_i(s)}{U_j(s)}$$

Таким чином

$$Y_i(s) = \sum_{j=1}^m W_{ij}(s) U_j(s)$$

5. За заданою передавальною функцією легко відновити відповідні ДР.

6. Знаменник ПФ – це характеристичний поліном системи. Якщо його прирівняти до нуля, то отримаємо характеристичне рівняння системи, корені якого є полюсами системи.

7. В фізично реалізованих системах порядок чисельника m елементарної ПФ не може перевищувати порядку її знаменника n , тобто $n \leq m$

8. В найпростіших випадках елементарна ПФ може бути безпосередньо отримана з відповідного ДР.

9. Передавальна функція паралельного з'єднання елементів дорівнює сумі передавальних функцій цих елементів.

Для випадку двох елементів будемо мати

$$W(s) = \tilde{W}_1(s) + \tilde{W}_2(s)$$

10. Передавальна функція послідовного з'єднання елементів дорівнює добутку передавальних функцій цих елементів.

Для випадку двох елементів будемо мати

$$W(s) = W_1(s) \cdot W_2(s)$$

Не слід путати символ диференціювання p з комплексною змінною s , яка має місце в перетворенні Лапласу. На відміну від перетворення Лапласа, операторний спосіб, скорочуючи запис диференціальних рівнянь, не дає ніяких способів для їх розв'язання.

2.3. Апарат функціонального перетворення Лапласа: прямого та зворотного.

Перетворення Лапласа є функціональним і використовується для перетворення певного класу функцій дійсної змінної функції комплексної змінної. Критерієм для перетворення функції часу є її визначеність, безперервність, однозначність для всієї області $t \geq 0$ де t – дійсна змінна, та виконання нерівності

$$\int_0^{\infty} f(t)e^{-\sigma t} dt < \infty$$

де $f(t)$ – функція, яка підлягає перетворенню Ω – деяке додатне число. Тобто функція $f(t)$ має обмежений порядок зростання.

Якщо вище наведені умови виконуються, то говорять, що функція $f(t)$ є оригіналом та може бути перетворена за Лапласом. Перехід від функції дійсної змінної до функції комплексної змінної називається прямим перетворенням Лапласа (L - перетворенням).

Прикладами функцій – оригіналом $f(t)$, які можуть бути перетворені за Лапласом є такі функції часу:

$$1(t); A \cos(\omega t) \cdot 1(t); e^{at} \cdot 1(t)$$

Наявність множника $1(t)$ забезпечує виконання умови однозначності. З фізичної точки зору ця умова є природною, оскільки інтерес є до функцій, що починається з деякого моменту часу, тобто, обумовлюються початкові умови.

Якщо критерії для перетворення функції за Лапласом не виконуються, то $f(t)$ не є оригіналом. Наприклад: функції $1/t \cdot \operatorname{tg}(\omega t)$, так як вони обертаються на ∞ при $0 \leq t < \infty$; функція e^{t^2} - не виконується умова обмеженого зростання функції часу, оскільки ця функція зростає швидше, ніж зростає функція e^{ct}

Функція $F(s)$ комплексної змінної $s = c + j\omega$ визначається виразом

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-st} dt \quad (2.6)$$

і називається зображенням за Лапласом функції $f(t)$, а сам інтеграл – інтегралом Лапласа. За допомогою інтеграла Лапласа встановлюється відповідність між функцією-оригіналом $f(t)$ та її зображенням $F(s)$. Процес отримання зображення $F(s)$ по заданому оригіналу $f(t)$ називається прямим перетворенням Лапласа. Символьно це перетворення записується у вигляді:

$$L\{f(t)\} = F(s)$$

Функція $f(t)$ називається оригіналом, а функція $F(s)$ – зображенням.

Припустимо, що інтеграл $\int_0^{\infty} |f(t)| e^{-ct} dt$ тобто ліва частина першої умови існує при всіх $c > c_0$ і не існує при $c \leq c_0$, число c_0 називається абсцисою абсолютної збіжності. для функцій $f(t)$, $\sin \omega t$, $\cos \omega t$ абсциса абсолютної збіжності $c_0 = 0$, для функції $\sum a_k t^k$ – це будь-яке додатне число, для функції ; для функції e^{-at} ($a > 0$) – $c_0 = -a$ і т. д. функція e^{at} – $c_0 = a$

не має абсциси абсолютної збіжності, оскільки неможливо знайти таке c при якому інтеграл $\int_0^{\infty} e^{-ct} dt < \infty$ тому для цієї функції не існує перетворення Лапласа.

Інтеграл Лапласа збігається, якщо існує границя правої частини виразу

$$\int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt = \lim_{\substack{T \rightarrow \infty \\ \varepsilon \rightarrow +0}} \int_{\varepsilon}^T f(t)e^{-st} dt$$

Існує теорема, яка характеризує функції часу, що будуть мати перетворення за Лапласом, тобто для яких інтеграл Лапласа існує.

Теорема 2.1 Якщо функція $f(t)$ є оригіналом, то вона може бути перетворена за Лапласом, а її зображення $F(s)$ визначено в напівплощині $\text{Re } s > c_0$, де c_0 – показник зростання функції $f(t)$. Ця теорема свідчить про те, що

інтеграл $\int_0^{\infty} |f(t)e^{-st}| dt$ тобто інтеграл Лапласа при $\text{Re } s > c_0$ є не тільки збіжним а й абсолютно збіжним. Тому часто кажуть, що число c_0 є абсцисою інтегралу абсолютної збіжності.

Приклад 2.1. Знайти зображення (перетворення Лапласа) одиничної ступеневої функції. Математичний вираз одиничної ступінчатої функції є наступним:

$$1(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } t \geq 0; \\ 0, & \text{при } t < 0. \end{cases}$$

Графічне представлення $1(t)$ наведено на рис. 2.7. Так як виконуються всі критерієм для перетворюваності функції часу за Лапласом, то функція $1(t)$ є оригіналом та може бути перетворена за Лапласом.

Враховуючи рівність (2.5) при $\text{Re } s > 0$, маємо

$$L\{1(t)\} = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt = \int_0^{\infty} 1(t)e^{-st} dt = \int_0^{\infty} e^{-st} dt = -\frac{e^{-st}}{s} \Big|_0^{\infty} = \frac{1}{s}$$

Зображення $1/s$ при $s = 0$ має особливу точку – полюс. При $\operatorname{Re} s \leq 0$ інтеграл Лапласа розбігається тому зображення визначено в півплощині, для якої $\operatorname{Re} s > 0$; В цій півплощині воно є аналітичною функцією.

2.4. Алгоритм розв'язку зворотної задачі параметричної ідентифікації динамічних характеристик лінійних стаціонарних систем невисокого порядку у частотній області

За допомогою перетворення Лапласа можна досить просто розв'язати лінійне ДР з постійними коефіцієнтами. Метод розв'язання звичайних ДР за допомогою операційного числення зводиться до схеми, наведеної на рис. 2.8.

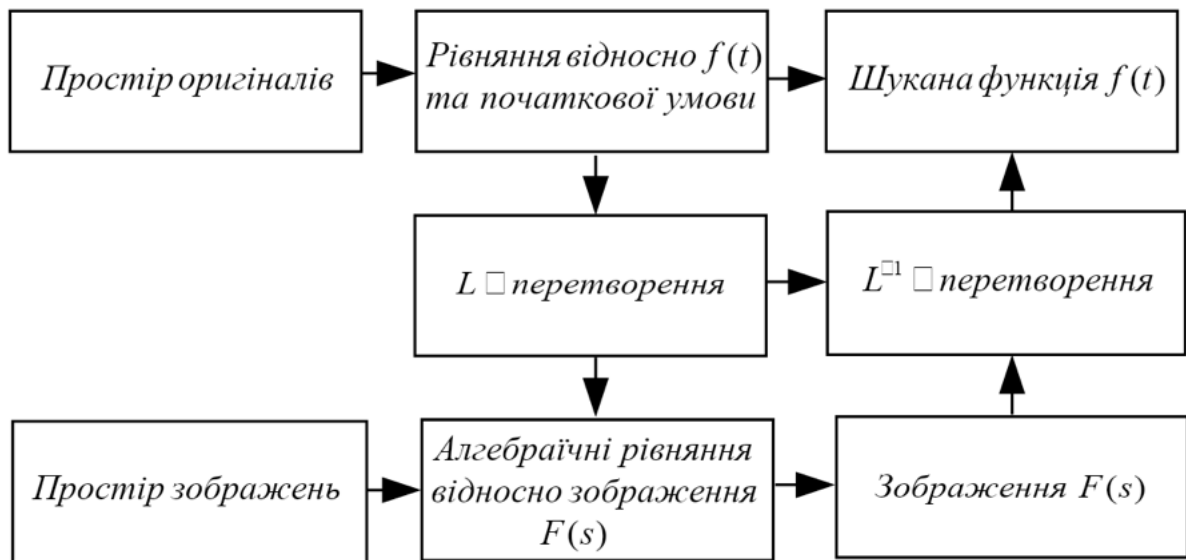


рис 2.8 Сутність методів операційного числення при розв'язку ДР

Під час аналізу та синтезу систем управління за допомогою перетворень Лапласа лінійні ДР з постійними коефіцієнтами переводяться у алгебраїчну форму рівнянь. З рівняннями алгебри набагато легше працювати, що полегшує аналіз та вирішення ДР. У разі можливості необхідно завжди описувати безперервні фізичні системи лінійними ДР з постійними коефіцієнтами, і тоді аналіз та синтез таких систем досить легко здійснюється з використанням перетворення Лапласу. При вивченні систем керування використовують поняття передавальної функції (ПФ). Для її отримання розглянемо систему, яка описується ДР n-ого порядку:

$$\begin{aligned}
 a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_0 y(t) = \\
 = b_m \frac{d^m u(t)}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} u(t)}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{du(t)}{dt} + b_0 u(t),
 \end{aligned}$$

Де $y(t)$ – вихідна змінна системи, $u(t)$ – вхідна змінна.

За нульових початкових умов перетворення Лапласа цього виразу є наступним:

$$\left(a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0 \right) Y(s) = \left(b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0 \right) U(s).$$

Звідси можна отримати вираз $Y(s) / U(s)$ у вигляді дробово-раціональної функції:

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0} .$$

Цей вираз називають ПФ і позначають змінною $W(s)$. Іншими словами, передатна функція (ПФ) – це відношення перетворення Лапласа вихідної змінної $Y(s)$ до перетворення Лапласа вхідної змінної $U(s)$ за нульових початкових умов, тобто.

$$W(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} .$$

Введемо позначення: поліном чисельника ПФ – $p(s)$, а поліном знаменника – $q(s)$, тобто

$$\begin{aligned} p(s) &= b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0 , \\ q(s) &= a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0 . \end{aligned}$$

Якщо $q(s)$ прирівняти до нуля, то отримаємо характеристичне рівняння:

$$p(s) = b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_1 s + b_0 = 0 .$$

Корені характеристичного рівняння визначають характер руху системи і називаються полюсами системи.

Корені рівняння

$$q(s) = a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0 = 0$$

називають нулями системи.

В полюсах функція $W(s)$ обертається на нескінченність, а в нулях вона дорівнює нулю. Розташування полюсів та нулів на комплексній площині (s -площині) визначає характер власного (вільного) руху системи.

Приклад. Фізичне явище, яке описується законом Ньютона, описується ДР

$$M \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = f(t) , \quad (2.9)$$

де $f(t)$ – сила, що діє на тіло з масою M , а $x(t)$ – переміщення тіла, викликане силою $f(t)$. Припускається, що одиниці вимірювання змінних в (2.9) узгоджені.

Нехай відомі маса M та сила $f(t)$. Тоді перетворення Лапласа для рівняння (2.9):

$$M[s^2 X(s) - sx(0) - \dot{x}(0)] = F(s). \quad (2.10)$$

Для того, щоб визначити переміщення тіла $x(t)$, необхідно знати прикладену силу, початкове положення тіла $x(0)$ та його початкову швидкість $\dot{x}(0)$. Тоді із співвідношення (2.10) можна знайти $X(s)$ та, застосовуючи зворотне перетворення Лапласа, визначити $x(t)$. Спочатку знаходимо $X(s)$:

$$X(s) = \frac{F(s)}{Ms^2} + \frac{x(0)}{s} + \frac{\dot{x}(0)}{s^2}. \quad (2.11)$$

Припустимо, наприклад, що $f(t) = 0$. Тоді застосування зворотного перетворення Лапласа до виразу (2.11) дає:

$$x(t) = x(0) + \dot{x}(0)t, \quad t \geq 0.$$

Якщо початкова швидкість $\dot{x}(0)$ теж дорівнює нулю, то тіло залишається у початковому положенні $x(0)$. Якщо $\dot{x}(0) \neq 0$, то тіло буде рухатися з постійною швидкістю, яка дорівнює її початковому значенню.

У випадку, коли всі початкові умови рівні нулю, вираз (2.11) приймає вигляд:

$$X(s) = \frac{1}{Ms^2} F(s),$$

а ПФ є наступною

$$W(s) = \frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{Ms^2}.$$

Розв'язання ДР стану за допомогою перетворення Лапласа. Досліджувати лінійні системи з постійними параметрами зручно за допомогою перетворення Лапласа. Визначимо перетворення Лапласа вектор-функції $y(t)$ як

$$Y(s) = L\{y(t)\} = \int_0^{\infty} e^{-st} y(t) dt, \quad (2.12)$$

де s – комплексна змінна.

Символ L позначає операцію перетворення Лапласа функції. Перетворення Лапласа визначається для тих значень s , при яких інтеграл (2.12) збігається. Очевидно, що перетворення Лапласа вектора-функції $y(t)$ є вектором, компоненти якого є перетвореннями Лапласа компонент вектора $y(t)$.

Розглянемо спочатку однорідне ДР стану вигляду:

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t),$$

де $\mathbf{x}(t)$ – вектор стану, \mathbf{A} – матриця стану з постійними коефіцієнтами.

Виконуючи перетворення Лапласа, отримаємо

$$s\mathbf{X}(s) - \mathbf{x}(0) = \mathbf{A}\mathbf{X}(s),$$

тому що всі теореми перетворення Лапласа для скалярних виразів справедливі й у векторному випадку. Розв'язок відносно $\mathbf{X}(s)$ має вигляд

$$\mathbf{X}(s) = (s\mathbf{E}_n - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{x}(0),$$

де $(s\mathbf{E}_n - \mathbf{A})^{-1}$ – матрична функція або частотний вигляд перехідної матриці стану, що називається резольвентою матриці \mathbf{A} .

В часовій області цьому відповідає вираз

$$\mathbf{x}(t) = e^{\mathbf{A}t} \cdot \mathbf{x}(0),$$

де $e^{\mathbf{A}t}$ – перехідна матриця рівняння стану.

Теорема. Нехай \mathbf{A} є постійною матрицею стану розміром $n \times n$. Тоді $(s\mathbf{E}_n - \mathbf{A})^{-1} = L\{e^{\mathbf{A}t}\}$ або, що еквівалентно, $e^{\mathbf{A}t} = L^{-1}\{(s\mathbf{E}_n - \mathbf{A})^{-1}\}$.

Перетворення Лапласа матричної функції виконується шляхом перетворення кожного її елемента. Ця теорема особливо зручна для отримання точного виразу перехідної матриці, якщо величина n не дуже велика, незалежно від того, чи є матриця \mathbf{A} діагоналізуючою.

Розглянемо неоднорідне рівняння

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x}(t) + \mathbf{B} \cdot \mathbf{u}(t),$$

де \mathbf{A} та \mathbf{B} – постійні (числові) матриці. Виконуючи перетворення Лапласа, отримаємо

$$s\mathbf{X}(s) - \mathbf{x}(0) = \mathbf{A}\mathbf{X}(s) + \mathbf{B}\mathbf{U}(s),$$

звідси визначимо, що

$$\mathbf{X}(s) = (s\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{x}(0) + (s\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{B}\mathbf{U}(s) \quad (2.13)$$

Вираз (2.43) є розв'язком неоднорідного ДР системи в частотній області.

Нехай рівняння відносно вихідної координати вигляду (2.34) має вигляд

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}\mathbf{x}(t),$$

де \mathbf{C} – постійна матриця. Виконуючи перетворення Лапласа та підставляючи вираз (2.43), отримаємо

$$\mathbf{Y}(s) = \mathbf{C}\mathbf{X}(s) = \mathbf{C}(s\mathbf{E}_n - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{x}(0) + \mathbf{C}(s\mathbf{E}_n - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{B}\mathbf{U}(s), \quad (2.14)$$

що еквівалентно перетворенню Лапласа при $t_0 = 0$,

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}e^{\mathbf{A}t} \mathbf{x}(0) + \mathbf{C} \int_0^t e^{\mathbf{A}(t-\tau)} \mathbf{B}\mathbf{u}(\tau) d\tau \quad (2.15)$$

При $\mathbf{x}(0) = \mathbf{0}$ вираз (2.44) приймає вигляд

$$\mathbf{Y}(s) = \mathbf{W}(s)\mathbf{U}(s), \quad (2.16)$$

де

$$\mathbf{W}(s) = \mathbf{C}(s\mathbf{E}_n - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{B}. \quad (2.17)$$

Матриця $\mathbf{W}(s)$ називається *матричною ПФ системи*. Якщо $\mathbf{W}(s)$ та $\mathbf{U}(s)$ відомі, то реакція системи при нульовому початковому стані може бути визначена шляхом зворотного перетворення Лапласа виразу (2.46).

Елементи матричної ПФ $\mathbf{W}(s)$ є раціональними функціями s . Корені знаменника $\mathbf{W}(s)$ називаються *полюсами* матричної ПФ $\mathbf{W}(s)$. Якщо скорочення не відбуваються, полюса матричної ПФ є полюсами системи, тобто

характеристичними числами матриці \mathbf{A} . Якщо як вхідна $\mathbf{u}(t)$, так і вихідна $\mathbf{y}(t)$ змінні є скалярними, то матрична ПФ переходить в скалярну передавальну функцію. Для багатомірних систем кожний елемент $\mathbf{W}_{ij}(s)$ матричної ПФ $\mathbf{W}(s)$ є передавальною функцією від j -ї компоненти входу до i -ї компоненти виходу.

Якщо в виразі (2.34) матриця $\mathbf{D} \neq \mathbf{0}$, то вихідна змінна в частотній області на відміну від (2.44) є наступною:

$$\mathbf{Y}(s) = \mathbf{C}\mathbf{X}(s) + \mathbf{D}\mathbf{U}(s) = \mathbf{C}(s\mathbf{E}_n - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{x}(0) + \mathbf{C}(s\mathbf{E}_n - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{B}\mathbf{U}(s) + \mathbf{D}\mathbf{U}(s).$$

При $\mathbf{x}(0) = \mathbf{0}$ $\mathbf{Y}(s) = [\mathbf{C}(s\mathbf{E}_n - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{B} + \mathbf{D}]\mathbf{U}(s) = \mathbf{W}(s)\mathbf{U}(s)$, де

$$\mathbf{W}(s) = \mathbf{C}(s\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{B} + \mathbf{D}. \quad (2.18)$$

Вираз (2.18) використовується для переходу від опису динамічної системи в просторі станів до опису її в частотній області ПФ або матричною ПФ. При цьому цей перехід є однозначним. Зворотний перехід (від ПФ до моделі в просторі станів) є неоднозначним, оскільки змінними стану можуть бути будь-які змінні, що описують систему.

Для переходу від моделі в просторі станів до ПФ в пакеті програм MATLAB [] є команда `ss2tf`; її синтаксис та використання:

$$[\text{num}, \text{den}] = \text{ss2tf}(\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{D}), \quad \mathbf{W} = \text{tf}(\text{num}, \text{den})$$

Для зворотного переходу існує команда `tf2ss` та застосовується наступним чином:

$$[\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{D}] = \text{tf2ss}(\text{num}, \text{den}), \quad \text{sys} = \text{ss}(\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{D})$$

Аналогічно можна представити модель об'єкта за допомогою нулів, полюсів та коефіцієнта передачі, така модель називається `zpk`-модель та створюється `zpk(W)` або `zpk(sys)`.

2.5 Висновок по розділу 2

У цьому розділі ми розібрались з технологіями, які будуть використані для ідентифікації динамічних характеристик у розділі 3

Розділ 3.

Розв'язок у частотній області зворотної задачі параметричної ідентифікації

3.1. Опис об'єкту досліджень та його динамічних характеристик

Розглядається безперервна лінійна стаціонарна система невідомого порядку з одним входом та одним виходом. На вхід системи подається довільний вплив, що вимірюється, $u(t)$. З виходу знімається реакція системи до вхідний вплив $y(t)$. Функції $u(t)$ та $y(t)$ є квазіполіномами. Вхідний шум та перешкоди вимірювань відсутні.

Необхідно вирішити обернену задачу аналітично:

1. Побудувати за результатами вимірювання реакції системи на збурюючу дію звичайне лінійне диференціальне рівняння з постійними комплексними коефіцієнтами та початкові умови до нього в точці $t = 0$.
2. Побудувати за результатами вимірювання вхідно-вихідних функцій систему диференціальних рівнянь у формі Коші та однорідні початкові умови до неї у точці $t = 0$.

Алгоритм 1

1. Обчислити пряме перетворення Лапласу від квазіполінома $y(t)$ – реакції системи на вхідний вплив:

$$L[y(t)] = \frac{\sum_{i=0}^n b_i s^i}{\sum_{i=0}^n a_i s^i}.$$

НАУ 22.01.55.000.ПЗ				
2. За коефіцієнтами полінома знаменника $L[y(t)]$ побудувати однорідне диференціальне рівняння:				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат
Розроб.	Віляньский Р.В.			
Перевір.	Білак Н.В.			
Реценз.				
Н. Контр.	Дивнич М.П.			
Затверд.	Мельник Ю.В.			
Розв'язок у частотній області зворотної задачі			Літ.	Аркуш
			Аркушів	
ФАЕТ- 214 ⁵¹ гр.				

$$\sum_{i=0}^n a_i \frac{d^i y(t)}{dt^i} = 0.$$

3. За коефіцієнтами поліномів чисельника та знаменника $L[y(t)]$ побудувати вектор значень НУ у точці $t = 0$:

$$y(0) = b_{n-1}, \frac{d^k y(0)}{dt^k} = b_{n-1-k} - \sum_{i=0}^{k-1} a_{i+n-k} \frac{d^i y(0)}{dt^i}, k = \overline{1, n-1}.$$

Алгоритм 2

1. Обчислити пряме перетворення Лапласа від квазіполіномів $y(t)$ та $u(t)$

$$L[y(t)] = \sum_{i=0}^{m_1} b_i^1 s^i / \sum_{i=0}^{n_1} a_i^1 s^i, L[u(t)] = \sum_{i=0}^{m_2} b_i^2 s^i / \sum_{i=0}^{n_2} a_i^2 s^i.$$

2. Знайти відношення

$$\frac{L[y(s)]}{L[u(s)]}; W(s) = \sum_{i=0}^{m_1} b_i^1 s^i \times \sum_{i=0}^{n_2} a_i^2 s^i / \sum_{i=0}^{m_2} b_i^2 s^i \times \sum_{i=0}^{n_1} a_i^1 s^i,$$

$$W(s) = \frac{\sum_{i=0}^m b_i s^i}{\sum_{i=0}^n a_i s^i} = \frac{b_0 + b_1 s + b_2 s^2 + \dots + b_m s^m}{a_0 + a_1 s + a_2 s^2 + \dots + a_n s^n},$$

$\text{деп} = n_1 + n_2$ - порядок системи $m = m_1 + m_2$.

3. Перевірити систему на стійкість:

- Якщо система вироджена (нульового порядку), штучно підвищити порядок; – якщо $m > n$, завдання не можна розв'язати (система нестійка);
- якщо $m < n$, завдання вирішуване, має безліч рішень.

4. Провести нормування виразу $W(s)$

$$W(s) = \left(\sum_{i=0}^m b_i s^i / a_n \right) / \left(\sum_{i=0}^n a_i s^i / a_n \right).$$

5. По поліному знаменника виразу побудувати матрицю у формі Фробеніуса

$$F \in R^{n \times n} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -a_0 & -a_1 & -a_2 & \dots & -a_{n-1} \end{bmatrix}.$$

6. За матрицею F та квазіполіном $u(t)$ сформувавши систему диференціальних рівнянь у формі Коші

$$\begin{cases} \frac{dx_1(t)}{dt} = x_2(t) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} = x_3(t) \\ \frac{dx_3(t)}{dt} = x_4(t) \\ \vdots \\ \frac{dx_{n-1}(t)}{dt} = x_n(t) \\ \frac{dx_n(t)}{dt} = -a_0x_1(t) - a_1x_2(t) - \dots - a_{n-1}x_n(t) + u(t) \end{cases}$$

7. Початкові умови для системи рівнянь призначити унітарні (нульові) від аргументу $t = 0$:

$$\frac{dx_1(0)}{dt} = 0, \frac{dx_2(0)}{dt} = 0, \dots, \frac{dx_n(0)}{dt} = 0.$$

8. За коефіцієнтами полінома чисельника передавальної функції $W(s)$ сформувавши лінійне рівняння виведення

$$\sum_{k=1}^n b_{k-1}x_k(t) = b_0x_1(t) + b_1x_2(t) + \dots + b_{n-1}x_n(t) = y(t).$$

Перевірити результат ідентифікації рішенням системи п. 6 з початковими умовами п. 7 та з урахуванням п. 8.

Приклад 1

Нехай дана динамічна система, реакція якої описується такою формулою:

$$y(t) = (2+t)e^{-6t} + t\cos(2t).$$

За формулою (1) обчислюємо перетворення Лапласа:

$$L(s) = (2s^5 + 14s^4 + 28s^3 + 136s^2 - 16s + 64) / (s+6)^2 (s^2 + 4)^2.$$

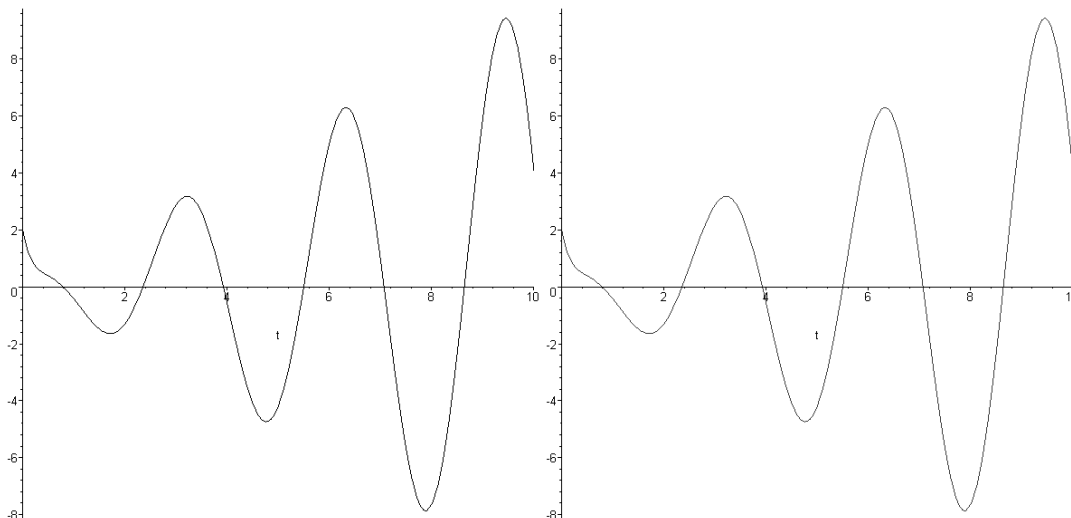
З (2) и (3) отримуємо ДУ и НУ:

$$d^6 y(t) + 12 d^5 y(t) + 44 d^4 y(t) + 96 d^3 y(t) + 304 d^2 y(t) + 192 dy(t) + 576y(t) = 0, dt$$

$$y(0) = 2, dy(0) = -10, d^2 y(0) = 60, d^3 y(0) = -336, d^4 y(0) = 1728, dt dt^2 dt^3 dt^4 d^5 y(0) = -8992.$$

Перевіряємо збудоване ДК з НУ на правильність шляхом знаходження його рішення $f(t)$. Переконаємось, що воно еквівалентне $y(t)$.

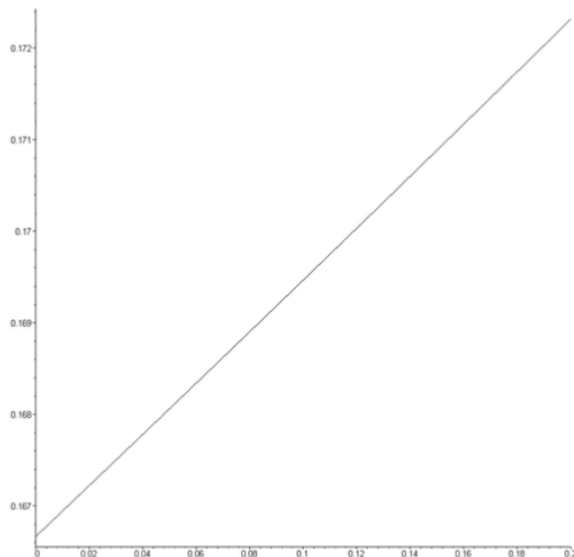
На мал. 1 зображено графік $y(t)$, на мал. 2 зображено графік $f(t)$:



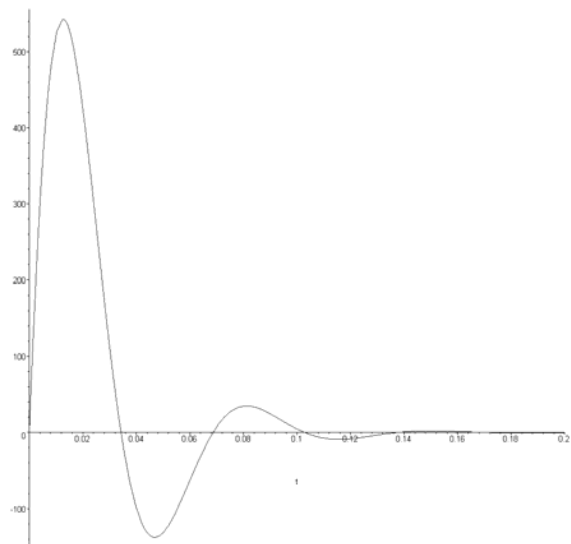
Приклад 2

Дано

$$u(t) = \frac{1}{6} e^{t/6}; y(t) = \frac{1200}{7} \sqrt{21} e^{-40t} \sin(20\sqrt{21}t)$$



мал. – 3 функція u(t)



мал. – 4 функція y(t)

Рішення:

$$W(s) = \frac{540000s - 90000}{s^2 + 80s + 10000}$$

Система диференціальних рівнянь у формі Коші –

$$\begin{cases} \frac{dx_1(t)}{dt} = x_2(t) \\ \frac{dx_2(t)}{dt} = -10000x_1(t) - 80x_2(t) + \frac{1}{6} e^{t/6} \end{cases}$$

Початкові умови

$$\frac{dx_1(0)}{dt} = 0, \frac{dx_2(0)}{dt} = 0;$$

рівняння висновку

$$y(t) = -90000x_1(t) + 540000x_2(t).$$

В результаті рішення побудованої системи рівняння в пакеті комп'ютерної математики Maple отримаємо:

$$x_1(t) = \frac{-6}{360481} e^{-40t} \cos(20\sqrt{21}t) - \frac{241}{151402020} \sqrt{21} e^{-40t} \sin(20\sqrt{21}t) + \frac{6}{360481} e^{t/6};$$

$$x_2(t) = \frac{1}{360481} e^{t/6} - \frac{1}{360481} e^{-40t} \cos(20\sqrt{21}t) + \frac{3002}{7570101} \sqrt{21} e^{-40t} \sin(20\sqrt{21}t).$$

Підстановкою обчислених функцій $x_1(t)$, $x_2(t)$ у лінійне рівняння виведення легко переконатися, що

$$y(t) = \frac{1500}{7} \sqrt{21} e^{-40t} \sin(20\sqrt{21}t).$$

3.2. Результати досліджень

Розглядається безперервна лінійна стаціонарна адаптивна система $WC(s)$ із еталонною моделлю $WE(s)$. На входи системи $WC(s)$ і моделі $WE(s)$ надходить довільний вимірювальний вплив $u(t)$. З виходів знімаються реакції системи $x(t)$ та моделі $y(t)$ на вхідний вплив. Функції $u(t)$, $x(t)$, $y(t)$ є квазіполіномами. Вхідний шум та перешкоди вимірювань відсутні.

Необхідно у разі виникнення нештатної ситуації, коли $x(t) - y(t) > \delta(t)$, сформувавши коригуючий вплив $\Delta(t)$, щоб $x(t) - y(t) \rightarrow 0$.

Спосіб реалізації:

- Виконується поточна пасивна параметрична ідентифікація системи $W_c(s)$ з ознаками позаштатної ситуації - визначається $W_c(s)$;
- проводяться багатокритеріальне ранжування та вибір засобів моделювання системи $W_c \Delta(s)$ залежно від зовнішніх умов застосування ЛА;
- моделюється реакція системи $W_c \Delta(s)$ на тестові впливи, що обурюють (визначаються Технічними умовами / Технічним завданням);
- проводиться порівняння результатів моделювання $W_c \Delta(s)$ із переліком допустимих нештатних ситуацій (визначаються Технічними умовами/Технічним завданням), у т.ч. проводиться прогнозування методами математичного моделювання розвитку нештатної ситуації та її впливу на ефективність застосування ЛА;
- якщо ознаки поточної позаштатної ситуації збігаються з параметрами допустимих ситуацій, то виконується реконфігурація системи відповідно до Посібника з експлуатації системи;
- якщо ознаки поточної позаштатної ситуації не збігаються з параметрами допустимих ситуацій, то за функцією $x(t) - y(t) = \Delta(t)$, за допомогою аналітичного методу ідентифікації знаходиться коригуючий елемент $W\Delta(s)$;
- повторно застосовується метод багатокритеріального ранжування для вибору засобів реалізації $W(s)$;
- якщо вибрано програмну реалізацію $W\Delta(s)$, то реконфігурація системи проводиться на рівні вбудованого програмного забезпечення БСУ, при цьому забезпечується виконання умови $|W_1'(s) + W_2(s) - W_3(s)| \rightarrow 0$
- якщо вибрано апаратну реалізацію $W \Delta(s)$, то реконфігурація системи проводиться з використанням набору надлишкових типових динамічних ланок прямої аналогії, реалізованих у складі каналу надсистемного захисту БСУ шляхом розрахунку параметрів ланок, налаштування ланок відповідно до розрахункових параметрів та програмної комутації набору з метою реалізації та забезпечення виконання умови $|W_1'(s) + W_2(s) - W_3(s)| \rightarrow 0$

3.3. Наочний приклад застосування алгоритму зворотної ідентифікації динамічних характеристик елементів БСУ

Варіант використання

Розглядається безперервна лінійна стаціонарна адаптивна система $WC(s)$ із еталонною моделлю $WE(s)$. На входи системи $WC(s)$ і моделі $WE(s)$ надходить довільний вимірювальний вплив $u(t)$. З виходів знімаються реакції системи $x(t)$ та моделі $y(t)$ на вхідний вплив. Функції $u(t)$, $x(t)$, $y(t)$ є квазіполіномами. Вхідний шум та перешкоди вимірювань відсутні.

Необхідно у разі виникнення нештатної ситуації, коли $x(t) - y(t) > \delta(t)$, сформувавши такий коригуючий вплив $\Delta(t)$, щоб $x(t) - y(t) \rightarrow 0$.

Спосіб реалізації:

- Виконується поточна пасивна параметрична ідентифікація системи $W_c(s)$ з ознаками позаштатної ситуації - визначається $W_c(s)$;
- проводяться багатокритеріальне ранжування та вибір засобів моделювання системи $W_c \Delta(s)$ залежно від зовнішніх умов застосування ЛА;
- моделюється реакція системи $W_c \Delta(s)$ на тестові впливи, що обурюють (визначаються Технічними умовами / Технічним завданням);
- проводиться порівняння результатів моделювання $W_c \Delta(s)$ із переліком допустимих нештатних ситуацій (визначаються Технічними умовами/Технічним завданням), у т.ч. проводиться прогнозування методами математичного моделювання розвитку нештатної ситуації та її впливу на ефективність застосування ЛА;
- якщо ознаки поточної позаштатної ситуації збігаються з параметрами допустимих ситуацій, то виконується реконфігурація системи відповідно до Посібника з експлуатації системи;
- якщо ознаки поточної позаштатної ситуації не збігаються з параметрами допустимих ситуацій, то за функцією $x(t) - y(t) = \Delta(t)$, за допомогою аналітичного методу ідентифікації знаходиться коригуючий елемент $W\Delta(s)$;
- повторно застосовується метод багатокритеріального ранжування для вибору засобів реалізації $W(s)$;
- якщо вибрано програмну реалізацію $W\Delta(s)$, то реконфігурація системи проводиться на рівні вбудованого програмного забезпечення БСУ, при цьому забезпечується виконання умови $|W_1'(s) + W_2(s) - W_3(s)| \rightarrow 0$
- якщо вибрано апаратну реалізацію $W \Delta(s)$, то реконфігурація системи проводиться з використанням набору надлишкових типових динамічних ланок прямої аналогії, реалізованих у складі каналу надсистемного захисту БСУ шляхом розрахунку параметрів ланок, налаштування ланок відповідно до розрахункових параметрів та програмної комутації набору з метою реалізації та забезпечення виконання умови $|W_1'(s) + W_2(s) - W_3(s)| \rightarrow 0$

Висновок по розділу 3

У цьому розділі були проведені розрахунки для підтвердження того, що при використанні складних методів ідентифікації різних типів призведе до збільшення безпеки управління ЛА.

Розділ 4.

Охорона навколишнього середовища

Екологічна безпека – стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я людей.

Всю різноманітність екологічних факторів ділять за походженням і характером дії на дві великі групи – абіотичні і біотичні. До абіотичних відносять фактори

нерганічної або неживої природи, до біотичних – живих живих природи, а

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	НАУ 22-01-55-000 ПЗ			
Розроб.	Людський	Антропогенний	фактор	такий	фактор	атомного	Архив	
Перевір.	Білак Н.В.				ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА			
Реценз.								
Н. Контр.	Дивнич М.П.							
Затверд.	Мельник Ю.В.							
						ФАЕТ- 214 гр.		

людина (безпосередньо або внаслідок своєї діяльності). Роль антропогенного фактора весь час зростає.

Однією з найважливіших проблем людства є проблема збереження довкілля та перехід суспільства до сталого розвитку. Охорона довкілля – складна, багатогранна проблема, потребує свого рішення як глобальних, і локальних зусиль країни і регіонів. При вирішенні екологічних проблем важко переоцінити роль екологічного виховання та освіти, і навіть підготовки екологічних кадрів. Практичне використання екологічних знань для вирішення безлічі завдань, що висуваються сучасним рівнем розвитку науки, вимагає більш поглиблених і спеціальних знань у різних розділах дисципліни «Екологія».

4.1. Законодавство України про охорону навколишнього середовища

Роль права в регулюванні взаємодії природи і суспільства складається в становленні науково обґрунтованих правил поведінки людини стосовно природи. Найважливіші правила такого відношення закріплені державою в законодавстві і стають обов'язковими для виконання і підтримки нормами права, які забезпечуються державним тиском у випадку їхнього невиконання. Сериозним недоліком діючого сьогодні природоохоронного законодавства є той факт, що формувалося воно по ресурсних особливостях, тобто окремому регулюванню підлягають земельні, водні, гірські, лісові, атмосфероохоронні і інші взаємини. Такий підхід не забезпечував комплексності в регулюванні відносин до природи як до єдиного організму.

З перших законодавчих кроків суверенної України визначені основи забезпечення екологічних прав людини. Закон «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 року не тільки проголошує, але і передбачає систему гарантії екологічної безпеки людини, упорядковує систему керування в галузі природокористування. Він закріплює право громадян України на безпечну для життя навколишнє середовище. Це невід'ємне право реалізується шляхом участі громадян в обговоренні проектів законодавчих актів і інших рішень у галузі охорони навколишнього середовища; участі в розробці і впровадженні мер по охороні навколишнього середовища, раціонального використання природних ресурсів; об'єднання в цивільні природоохоронні організації; одержання повної і правдивої інформації про стан навколишнього природного середовища.

Закон дає громадянам України право звертатися в суд з позовом на підприємства і організації із приводу оплати збитків, нанесених здоров'ю і майну внаслідок негативного впливу на навколишнє середовище. Він ставить за обов'язок державним органам подавати всебічну допомогу громадянам у здійсненні природоохоронної діяльності і урахувати їх побажання стосовно цієї діяльності.

Згідно із цим Законом громадяни України мають не тільки права, але і обов'язку стосовно заощадження природи, раціонального використання і багатства, підтримка законодавства про охорону навколишнього середовища. У законі зазначені принципи охорони навколишнього природного середовища:

- пріоритетність вимог екологічної безпеки;
- гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей;
- екологізація матеріального виробництва;
- науково обґрунтоване співвідношення екологічних, економічних і соціальних інтересів суспільства;
- збереження просторової і видової різноманітності і цілісності природних об'єктів і комплексів;

-стягнення плати за спеціальне використання природних ресурсів, за забруднення навколишнього природного середовища і зниження якості природних ресурсів і ін.

Закон закріплює екологічні права і обов'язки громадян України:

- право на безпечну для життя і здоров'я навколишнє середовище;
- участь в обговоренні проектів законодавчих актів, матеріалів про розміщення і реконструкцію об'єктів, які можуть негативно впливати на стан навколишнього середовища;
- право звертатися в суд з позовом на підприємства і організації із приводу оплати збитків, нанесених здоров'ю і майну внаслідок негативного впливу на навколишнє середовище.

Громадяни України зобов'язані:

- оберігати природу, охороняти, раціонально використати і багатства, робити діяльність відповідно до вимог екологічної безпеки, екологічних нормативів;
- не порушувати екологічні права і законні інтереси інших суб'єктів;
- вносити плату за спеціальне природокористування;
- компенсувати шкода, нанесена забрудненням і іншим негативним впливом на навколишнє природне середовище.

Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» визначає поняття екологічної безпеки і міри і забезпечення, екологічні вимоги до розміщення, проектуванню, будівлі, реконструкції, введенню в дію підприємств і інших об'єктів, про застосування мінеральних добрив, засобів захисту рослин, токсичних хімічних речовин; передбачає міри охорони навколишнього природного середовища від шкідливого біологічного впливу, впливу фізичних факторів і радіоактивного забруднення, від забруднення промисловими, побутовими і іншими відходами.

Земельний кодекс України, прийнятий 13 березня 1992 року регулює охорону і раціональне використання землі. У цьому кодексі встановлено три форми власності на землю: державна, колективна і приватна. Право на одержання землі в приватну власність за плату або безкоштовно мають громадяни

України. Земельні ділянки можуть бути дані на постійне або тимчасове користування, у тому числі на умовах оренди.

Охорона коштовних і продуктивних земель (земель природоохоронного, реакційного призначення, курортів) досягається припняттям особливого порядку їхнього відбору для державних і цивільних

потреб. Відбір особливо коштовних продуктивних земель, землі науково-експериментальних об'єктів, заповідників, національних, дендрологічних, меморіальних парків, поховань і археологічних місць не допускається.

При розміщенні, проектуванні і введенні в дію нових і реконструйованих об'єктів і споруджень необхідно передбачити вимоги екологічних і санітарних заходів щодо охорони землі. При порушенні вимог земельного законодавства вводиться в дію адміністративна, кримінальна або матеріальна відповідальність.

Водний кодекс України забезпечує правову охорону води від забруднень, засмічень і виснаження і регулює порядок її використання. Водний кодекс визначає пріоритетів питного і побутового водокористування. З метою охорони води, що використовується для питних і побутових, курортних, лікувальних і оздоровчих потреб, визначаються зони санітарної охорони із суворим режимом використання.

У водному кодексі закріплені обов'язки водокористувачів стосовно раціонального використання водних об'єктів, ощадливого використання води, поновлення і поліпшення її якості. Власники засобів водного транспорту, лісосплавні організації повинні не допускати забруднення і засмічення води внаслідок втрати масел, хімічних речовин, нафтопродуктів, відходів деревини.

Лісовий кодекс, прийнятий 21 січня 1994 року, регулює відносини по охороні і поновленню лісів, збільшенню їхніх корисних якостей і продуктивності, раціонального використання лісу з метою задоволення потреб суспільства в лісових ресурсах.

У лісовому кодексі визначені основні завдання, вимоги і зміст організації лісового господарства, критерії розподілу лісу на дві групи по його

екологічному і господарському значенні; визначені порядок і види загального і спеціального використання лісових ресурсів, права і обов'язки лісокористувачів; порядок охорони і захисту лісу; плата за використання ресурсів, економічне стимулювання охорони, захисту, раціонального використання. Також зазначена відповідальність за порушення лісового господарства.

Кодекс України про копалини, прийнятий 24 липня 1994 року, регулює гірничодобувні відносини з метою забезпечення раціонального, комплексного використання копалин для задоволення потреб суспільства в мінеральній сировині, охороні копалин, гарантує безпеку людей, майна, охорону природного середовища при користуванні копалинами.

Закон України про охорону атмосферного повітря, прийнятий 16 жовтня 1991 року, спрямований на збереження сприятливого стану атмосферного повітря, його відновлення і поліпшення для забезпечення екологічної безпеки людини, а також запобігання впливу на навколишнє природне середовище.

Закон визначає екологічні закони і нормативи в галузі охорони атмосферного повітря, екологічної безпеки атмосферного повітря (ПДК ГДВ забруднюючих речовин). Підприємства і організації, діяльність яких пов'язана зі шкідливим впливом на атмосферне повітря, повинні вживати заходів по зменшенню кількості небезпечних викидів, забезпечувати контроль за обсягом і составом забруднюючих речовин.

Закон «Про природно-заповідний фонд України», прийнятий 16 червня 1992 року, визначає правові основи організації, охорони і використання природно-заповідного фонду, відновлення його природних комплексів і об'єктів. До природно-заповідного фонду належать заповідники, дендропарки, ботанічні сади, заказники і ін.

4.2. Захист навколишнього середовища в авіабудуванні

Відповідність нового літака сучасним вимогам, його конкурентоздатність на світовому ринку визначаються не тільки досконалістю конструкції,

можливістю уніфікації матеріалів для здійснення і того виробництва та ремонту, але і відповідністю сучасним, дуже жорстким вимогам до збереження навколишнього середовища.

Основним фізичним забруднювачем навколишнього середовища на авіапідприємстві є шум. Під шумом розуміють всі неприємні і небажані звуки і їхні сукупності, які заважають нормально працювати, сприяти звукові сигнали, відпочивати. Узагальнено шум - це хаотичне накопичення звуків різної частоти, сили, висоти, тривалості, які виходять за межі звукового комфорту. Джерелами шуму є всі види транспорту, промислові підприємства (устаткування, інструмент, технологічні процеси), ліфти, телевізори, радіоприймачі, юрби люди. Шум негативно впливає на здоров'я людини, знижують працездатність, приводять до захворювань серцево-судинних, нервових, ендокринної системи і органів слуху.

Боротьбу із шумом варто починати на етапі проектування підприємств або його реконструкції. Проектуючи підприємство, варто враховувати його далекість від житлової зони, варто передбачити раціональне розміщення окремих будинків і цехів усередині будинків. Для ізоляції фундаментів будинків з рівнем звукового тиску вище 90 Дб, улаштовують так названі акустичні розриви -, що ідуть по всьому периметрі щілини, заповнені ізолюючим матеріалом. Між « гучними цехами » улаштовують вільні зони, які для більшої ефективності озеленюють, тому що листя добре поглинає шум. При плануванні цехів і ділянок усередині будинку необхідно поєднувати верстати і устаткування по ступені їхньої гучності. Найбільш ефективним заходом щодо боротьби із шумом треба вважати його зниження в джерелах утворення, тобто безпосередньо в агрегатах, машинах, механізмах т.п.

Міри захисту атмосфери від забруднення промисловими відходами умовно можна розділити на дві групи - технічні і містобудівні. Технічні міри передбачають створення безвідхідних і маловідходних промислових підприємств, очищення газів, ефективне спалювання палива, будівництво високих труб. Завдяки містобудівним мірам відбувається дисперсне розміщення

забруднюючих підприємств, створюються в містах захисні¹ - захисні-санітарно-захисні зони, відбувається висадження дерев.

Розробка безвідходного і² маловідходного виробництва - основний³ напрямок охорони навколишнього середовища, це завдання стратегічне і⁴ розраховане на тривалий⁵ час. Най⁶більш радикальний⁷ спосіб виключення викидів - зміна технології⁸ виробництва, при якій⁹ виробничий¹⁰ процес зовсім не дає відходів або діє за замкнутим циклом.

У наш час основними заходами попередження шкідливим викидам залишається розробка і¹¹ впровадження ефективних систем очищення газів.

З метою знешкодження аерозолів, насамперед пилу, використовують сухі, мокрі і¹² електричні методи. З метою знешкодження газових відходів від токсичних речовин використовують методи абсорбції¹³, адсорбції¹⁴, термічні методи.

Очищення промислових стічних вод. Характер і склад стічних вод, що скидають промисловими підприємствами, досить різноманітні, різноманітні тому і¹⁵ методи очищення і¹⁶х від забруднень. Вибір методу очищення залежить від багатьох факторів і насамперед від фізичного стану, що втримуються в стоках, забруднень. Вибір методу очищення залежить від концентрації¹⁷ забруднюючої¹⁸ речовини, і від того, у якому стані перебуває розчинена речовина.

Для очищення стоків у цей¹⁹ час застосовуються головним чином наступні методи:

-механічні методи застосовуються для видалення зважених часток зі стічних вод (посвітління стічних вод), відстоювання в гравітаційному²⁰ полі (у відстійниках) і в полі відцентрових сил (у гідроциклонах), проціджування, флотація і²¹ фільтрування;

-хімічні методи застосовують у тих випадках, коли виділення забруднювачів можливо тільки в результаті хімічних реакцій²² між забруднювачами і²³ уводять реагентами, що, з утворенням нових речовин, які легко видалити зі стічних вод.

Для цього застосовують нейтралізацію, коагуляцію і²⁴ флокуляцію;

-хімічні та фізико-хімічні методи вимагають застосування реагенту і засновані на зміні фізичного стану забруднювачів, які полегшують їхнє видалення зі стоків. До них ставляться флотация, отдувка, електрохімічні методи;

-біохімічні методи засновані на здатності деяких мікроорганізмів руйнувати органічні і деякі неорганічні з'єднання (наприклад, сульфіді і солі амонію), перетворюючи їх у нешкідливі продукти окислювання: воду, двоокис вуглецю, нітрат- і сульфатіони і ін.;

-термічні методи полягають у повнім окислюванні при високій температурі (при згорянні) забруднюючих речовин з одержанням нетоксичних продуктів згорання і твердого залишку. Можливі різні варіанти застосування термічного методу, починаючи від повного знищення стоків з найбільшою кількістю твердого залишку і до значного зменшення (розпарювання) їх, після чого концентровані розчини можна поховати у відвалах, або використати для одержання коштовних продуктів.

Більшість деталей інтер'єра, внутрішнього силового набору, і сам літак після зборки і доведення проходить фарбування в малярському цеху. У процесі фарбування і сушіння відбувається практично повний перехід легкозаймистої частини фарби в пароподібний стан. Частина цих пар виділяється в процесі нанесення покриттів, а інша - при сушінні.

- витратоміри не надають хімічних, механічних, радіаційних, електромагнітних, термічних та біологічних впливів на навколишнє середовище;

-після закінчення встановленого терміну служби витратоміри не наносять шкоди здоров'ю людей та навколишньому середовищу;

-утилізація повинна проводитись відповідно до правил, що існують в експлуатуючій організації.

Матеріали, що застосовуються при виготовленні витратоміра, не повинні утримувати шкідливих речовин, що забруднюють природне середовище та впливаючи шкідливо на організм.

Матеріали, що використовуються при виготовленні датчика витрати рідини, повинні бути дозволені до застосування органами МОЗ України.

Після закінчення встановленого терміну служби витратоміри не повинні завдавати шкоди здоров'ю людей та навколишньому середовищу.

Утилізація

Матеріали та комплектуючі, що використовуються для виготовлення витратоміра, не надають шкідливого на природу. Вимоги забезпечуються схемотехнічними рішеннями та конструкцією приладу. Особливих вимог до утилізації приладу не потрібні.

Утилізацію слід здійснювати відповідно до чинних у державі законодавчих актів.

Окрім забруднення атмосферного повітря авіаційний транспорт із приписаною до нього технікою забруднює ґрунти різними механічними, фізичними та хімічними домішками. Забруднення ґрунту відбувається внаслідок осідання з повітряного басейну на поверхню ґрунту забруднювальних речовин, які надходять в атмосферу з відпрацьованими газами літаків, наземної авіаційної техніки і топків котельних.

Ґрунтовий покрив являє собою систему менш динамічну і більш буферну, ніж атмосферне повітря чи водойми. Одна з особливостей ґрунту полягає в тому, що він нагромаджує інформацію про процеси і зміни, які відбуваються, і тому не лише свідчить про стан середовища на поточний момент часу, а і відображає минулі процеси. Ґрунти виконують протекторну роль стосовно природних вод, атмосфери та рослинності. Водночас, виконуючи захисні функції, ґрунти можуть стати основним джерелом багатьох хімічних речовин, що забруднюють природні води й небезпечні для рослин. Перерозподіл забруднень у ґрунті, а отже, і суміжних із ним середовищах (рослинах, воді, повітрі) спричинений переміщенням важких металів по ґрунтовому профілю. На відміну від органічних хімічних забруднювачів, що розкладаються з часом, важкі метали здатні лише перерозподілятися між компонентами природного середовища, і періоди їх розкладу можуть становити багато тисяч років. Обстеження ґрунтів поблизу аеропортів показало підвищений вміст важких металів у них більше ніж у 20 разів. Максимальне забруднення спостерігалось біля складів ППМ, ремонтних

майстерень, перону, а також уздовж злітно-посадкових смуг, особливо в місцях зльоту і посадки літаків. За сильного та помірного забруднення в ґрунтах виявлено від 8 до 18 мг/кг важких металів, уміст яких значно перевищував допустимі норми. Загалом ґрунти поблизу аеропортів забруднені такими важкими металами, як цинк, мідь, свинець, хром, олово, вольфрам, а також специфічними металами (кобальт, нікель, кадмій, стронцій, срібло, літій).

Дослідження, проведені в Україні та за її межами, свідчать, що рівень забруднення ґрунтів у районі аеропортів і підприємств з обслуговування авіаційної техніки досить високий. На 1 м² ґрунту припадає до 200–250 г органічних і неорганічних хімічних речовин штучного походження. Існують великі ділянки території аеропортів, піддані вітровій ерозії. Цьому процесу сприяє забруднення ґрунтів ППМ, а також викидами газів, що надходять у природне середовище внаслідок емісії двигунів внутрішнього згоряння і спецавтотранспорту. Найінтенсивніше забруднення ґрунту в місцях заправлення транспортних засобів паливом і мастилами через аварійні розливи. Цілісність системи ґрунт–рослина вказує на необхідність дослідження і рослин щодо хімічного впливу на них авіаційного транспорту. Забруднення рослин поділяють на зовнішні (осідання на поверхні листя і стебел) і внутрішні (надходження в клітини через коріння). Під час надходження забруднювачів через коріння рослин спрацьовують захисні механізми. Вони обмежують проникнення полютантів у наземні органи та включення їх у метаболічні реакції клітин. Щодо різних забруднювачів захисні можливості рослин проявляються неоднаково: свинець, наприклад, затримується вже на корінні, кадмій легко проникає в наземні органи. Характер поглинання й акумуляції важких металів рослинами в умовах забруднення визначається рівнем забруднення, вибірковістю рослин, впливом супутніх викидів, які підкислюють чи підлужнюють ґрунтовий розчин. Між хімічним складом рослин і елементним складом середовища існує безперечний зв'язок, але пряма залежність вмісту важких металів у рослинах від вмісту у ґрунті часто порушується через вибіркочувальні властивості рослин до нагромадження елементів. Поглинання елемента рослиною визначається не тільки

проходженням реакцій у системі ґрунт–розчин, але і взаємодією між розчином і рослиною, що може змінюватися зі зміною концентрації елемента. Порівнюючи глибину міграції важких металів у ґрунті без рослинності і з рослинністю, виявили в останньому випадку дещо більшу глибину їх проникнення. Крім того, було встановлено, що показник захисних можливостей ґрунту (ґрунтовий бар'єр) перебуває у прямій залежності від здатності металу (його хімічних властивостей) до переходу в рухливу форму з наступною міграцією в системі ґрунт–рослина.

3.1.1. Хімічне забруднення ґрунтового покриву За нормальної експлуатації РКТ хімічне забруднення ґрунту відбувається в результаті осідання продуктів згоряння стартової хмари в районі СК, а також вплив залишків КРП частин РН, що відділяються, у РП.

3.1.2. Механічне забруднення ґрунтового покриву Падіння частин РН, що відділяються, супроводжується механічним забрудненням ґрунтового покриву в РП. У момент зіткнення частин, що відділяються, з поверхнею землі швидкість ступеня становить близько 60–80 м/с (215–220 км/год). Утворюються різних розмірів воронки, пошкоджуються ґрунтово-рослинні покриви (особливо сильно пошкоджується гумусовий шар ґрунту). У разі падіння в РП частин РН, що відділяються, можуть руйнуватись паливні баки і трубопроводи. Залежно від кількості залишків КРП цей процес може супроводжуватись виливом КРП на ґрунт і їх займанням. У перші роки після початку регулярних космічних запусків частини РН, що відділяються (ракетні блоки, хвостові відсіки, головні обтічники), у РП підривались із метою їх дефрагментації; металеві фрагменти закопувались у землю. Компоненти ракетних палив випалювались. Вважалось, що такий комплекс заходів достатній для ліквідації негативних наслідків пуску РН у РП частин, що відділяються. Однак останнім часом влада регіонів, де розташовані РП частин РН, стали висувати претензії щодо нанесення збитків НПС. У зв'язку із цим прийнято рішення про збирання фрагментів частин, що відділяються, у РП. Були створені спеціальні команди для виконання цих робіт.

Розділ 5.

ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-

технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів,

спрямованих на забезпечення життя, здоров'я і працездатності людини у процесі

Зм. Акт		№ докум. зберігання		Дата		Літ.			Аркуш			Аркуші		
Розроб.		Вольський Р.В.												
Передово		Дивнич М.П.												
Реценз.														
Н. Контр.		Дивнич М.П.												
Затверд.		Мельник Ю.В.												

ФАЕТ- 214⁷³ гр.

Охорона праці спирається на комплекс державних законодавчих актів. Загальними законами України, що визначають основні положення щодо охорони праці є Конституція України, Кодекс законів про працю, Закон України "Про охорону праці", Закон України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", Закон України "Про пожежну безпеку", Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" та підзаконні акти щодо охорони праці.

Охорона праці спирається на комплекс державних законодавчих актів. Загальними законами України, що визначають основні положення щодо охорони праці є Конституція України, Кодекс законів про працю, Закон України "Про охорону праці", Закон України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", Закон України "Про пожежну безпеку", Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" та підзаконні акти щодо охорони праці.

Задачі техніки безпеки спрямовані на попередження нещасливих випадків на виробництві. Вони зважаються на всіх етапах створення і експлуатації авіаційної техніки.

Небезпечний (виробничий) фактор – виробничий фактор вплив якого в певних умовах може призвести до травм або іншого раптового погіршення здоров'я працівника.

Шкідливий (виробничий) фактор – виробничий фактор вплив якого може призвести до погіршення стану здоров'я зниження працездатності працівника.

Умова праці – сукупність факторів виробничого середовища які впливають на здоров'я і працездатність людини в процесі і професійної діяльності.

Виробниче середовище – сукупність фізичних, хімічних, біологічних, соціальних факторів, що діють на людину в процесі трудової діяльності.

Міжгалузеві і галузеві акти з охорони праці – закони, міжгалузеві і галузеві стандарти, норми, правила, положення, інструкції і інші документи з охорони праці, яким надається сила правових норм обов'язкових для виконання.

Нагляд за охороною праці – одна з форм діяльності державних органів по дотриманню вимог законів і інших нормативних актів з охорони праці встановлених державною владою.

Виконання трудових обов'язків — трудова діяльність за встановленими нормами, правилами та інструкціями.

Виробниче приміщення — замкнений простір у будівлях і спорудах, призначений для трудової діяльності людей.

Зона дихання - простір у радіусі 50 см від обличчя працівника.

Колір безпеки — установлений колір, призначений для привернення уваги працівника до окремих елементів виробничого обладнання і (або) будівельної конструкції, які можуть бути джерелами небезпечних і (або) шкідливих виробничих чинників, а також до засобів пожеж гасіння і знаків безпеки.

Небезпечна зона - простір, у якому можлива дія на працівника небезпечного і (або) шкідливого виробничого чинника.

Постійне робоче місце — робоче місце, на якому працівник перебуває половину або більшу частину свого робочого часу (понад дві години безперервно).

Примітка. Якщо за цих обставин робота виконується на різних ділянках робочої зони, постійним робочим місцем вважається вся зона.

Робоча зона — визначений простір, у якому розташовані робочі місця постійного або непостійного (тимчасового) перебування працівника.

Робоче місце — місце постійного або тимчасового перебування працівника під час виконання ним трудових обов'язків.

Тимчасове робоче місце — робоче місце, на якому працівник перебуває менше половини або меншу частину (менше двох годин безперервно) тривалості щоденної роботи (зміни).

Трудова діяльність (людини) — реалізація цільової функції, сформованої потребами суспільства, яка здійснюється у певній організаційно-правовій формі господарювання.

Безпека

Безпека — стан захищеності особи та суспільства від ризику зазнати лиха.

Безпечна відстань - найменша відстань між людиною і джерелом небезпечного і (або) шкідливого впливу, на якій цей вплив відсутній або не перевищує допустимого рівня.

Безпечні умови праці (безпека праці) - стан умов праці, за якого вплив на працівника небезпечних і шкідливих виробничих чинників відсутній, або вплив шкідливих виробничих чинників не перевищує гранично допустимих значень.

Безпечність виробничого обладнання — властивість виробничого обладнання відповідати вимогам безпеки праці під час монтажу (демонтажу) і експлуатації за умов, установлених нормативною документацією.

Безпечність виробничого процесу - властивість виробничого процесу відповідати вимогам безпеки праці під час проведення його в умовах, установлених нормативною документацією.

Безпечність промислової продукції — властивість продукції забезпечувати і зберігати протягом певного терміну експлуатації рівень безпеки персоналу, людського оточення і довкілля у межах, обумовлених вимогами чинних нормативних актів та досягнутим науково-технічним рівнем.

Вимоги безпеки (праці) - вимоги, встановлені актами законодавства, нормативними і проектними документами, правилами та інструкціями, виконання яких забезпечує безпечні умови праці та регламентує поведінку працівника.

Гранично допустиме значення шкідливого (виробничого) чинника - граничне значення величини шкідливого виробничого чинника, вплив якого на людину в разі його щоденної регламентованої тривалості не призводить до зниження працездатності і захворювання в період трудової діяльності та у наступний період життя, а також не буде шкідливим для здоров'я нащадків.

Засіб захисту (працівника) - засіб, призначений для запобігання або зменшення впливу на працівника небезпечних і (або) шкідливих виробничих чинників.

Засіб індивідуального захисту (працівника) — засіб захисту, який одягається на все тіло працівника або на його частину і використовується працівником під час праці.

Засіб колективного захисту (працівників) - засіб захисту, конструктивно і (або) функціонально пов'язаний з виробничим обладнанням, виробничим процесом, виробничим приміщенням (будівлею) або виробничим майданчиком.

Промислова безпека - безпека від аварій на виробничих об'єктах і від наслідків цих аварій.

Рівень безпеки - оцінка безпеки посиленням на прийнятий ризик.

Виробнича санітарія - система організаційних, гігієнічних і санітарно-технічних заходів та засобів запобігання впливу шкідливих виробничих чинників на працівників.

Гігієна праці - галузь практичної та наукової діяльності, яка вивчає стан здоров'я працівників, обумовлений умовами праці, і на цій основі обґрунтовує заходи та засоби щодо збереження і зміцнення здоров'я працівників, профілактики несприятливого впливу на них умов праці.

Гігієнічна характеристика умов праці — визначення і оцінка стану умов праці (робочого місця, виробничого середовища, трудового процесу) щодо відповідності їх державним санітарним нормам, правилам, гігієнічним нормативам.

Гігієнічний норматив — кількісний показник, який характеризує оптимальний чи допустимий рівень впливу чинників навколишнього і виробничого середовища.

Гігієнічні вимоги — комплекс вимог до об'єкта дослідження, які унеможливають прояви його шкідливого впливу на здоров'я людини та навколишнє середовище.

Здоров'я — стан фізичного та психічного благополуччя людини, в тому числі відсутність хвороб і фізичних вад.

Медичне протипоказання — наявність в організмі працівника анатомо-фізіологічних відхилів або патологічних процесів, які перешкоджають виконанню певної роботи.

Медицинний огляд — огляд працівників спеціальною комісією лікарів з обов'язковими лабораторними, клінічними і функціональними дослідженнями з метою визначення можливості допущення до виконання конкретної роботи (до професії) за станом здоров'я.

Непрацездатність - повна чи часткова втрата загальної або професійної працездатності внаслідок захворювання, нещасного випадку або вродженої фізичної вади.

Охорона здоров'я працівників комплекс заходів, спрямованих на збереження здоров'я працівників з урахуванням категорій виконуваних робіт та виробничого середовища.

Попередній медичний огляд - медичний огляд, який проводиться під час влаштування на роботу для визначення початкового стану здоров'я претендента та його відповідності конкретно обраній професії.

Професійна захворюваність - явище, яке характеризується сукупністю професійних захворювань.

Професійна реабілітація — поновлення професійної працездатності.

Професійна хвороба (професійне захворювання) - патологічний стан людини, обумовлений надмірним напруженням організму або дією шкідливого виробничого чинника під час трудової діяльності.

Професійний відбір — сукупність заходів, метою яких є відбір осіб для виконання певного виду трудової діяльності за їхніми професійними знаннями, анатомо-фізіологічними і психологічними особливостями, станом здоров'я та віком.

Небезпека

Виробничий ризик — імовірність ушкодження здоров'я працівника під час виконання ним трудових обов'язків, яка обумовлена ступенем шкідливості та (або) небезпечності умов праці та науково-технічним станом виробництва.

Знак безпеки праці — знак, призначений для попередження працівників про можливу небезпеку, заборону або настанову до певних дій, а також для інформування про розміщення об'єктів, використання яких пов'язане з унеможливленням або зниженням наслідків дії небезпечних і (або) шкідливих виробничих чинників.

Небезпека - потенційне джерело лиха.

Небезпечний (виробничий) чинник - виробничий чинник, вплив якого на працівника за певних умов призводить до травм, гострого отруєння або іншого раптового різкого погіршення стану здоров'я чи до смерті.

Недопустимий ризик - ризик, якого сучасний рівень розвитку науки, техніки й технології дозволяє уникнути.

Промислова продукція підвищеної небезпеки - машини, механізми, обладнання, технічні системи (комплекси), інші технічні засоби праці, що характеризуються підвищеним ступенем ризику виникнення аварій, пожеж, загрози життю, заподіяння шкоди здоров'ю чи майну або навколишньому природному довкіллю.

Професійна небезпека (шкідливість) - небезпека, яка може виникнути під час виконання роботи та призвести до травми, хвороби або смерті.

Ризик — імовірність заподіяння шкоди з урахуванням її тяжкості.

Шкідлива речовина - речовина, яка, контактуючи з організмом людини, може викликати захворювання чи відхилення у стані здоров'я як під час впливу речовини, так і в подальший період життя теперішнього та наступного поколінь.

Шкідливий (виробничий) чинник — виробничий чинник, вплив якого за певних умов може призвести до захворювання, зниження працездатності та (або) негативного впливу на здоров'я нащадків.

Примітка. Залежно від кількісної характеристики (рівня, концентрації тощо) і тривалості впливу шкідливий виробничий чинник може стати небезпечним.

Шкода — фізичне ушкодження і (або) збитки, заподіяні здоров'ю людей і (або) майну чи навколишньому середовищу.

5.1. Перелік виробничих факторів, що діють на суб'єкт

Важливим елементом організації праці на підприємстві є організація робочого місця з метою створення на кожному з них необхідних умов для високопродуктивної і високоякісної праці при якомога менших фізичних зусиллях і мінімальному нервовому напруженні працівника.

Робоче місце — це первинна ланка виробництва, зона прикладання праці одного або кількох виконавців, визначена на підставі трудових та інших діючих норм і оснащена необхідними засобами для трудової діяльності. Робоче місце як місце зайнятості людини визначає умови праці (нормальні, важкі, шкідливі), режими праці і відпочинку, характер праці (різноманітний, монотонний та ін.).

Робоче місце суб'єкта – це кімната інженерного відділу конструкторського бюро.

Умови праці — це сукупність факторів зовнішнього середовища, що впливають на здоров'я та працездатність людини в процесі праці. Умови праці на кожному робочому місці формуються під впливом таких груп факторів: виробничих, санітарно-гігієнічних, факторів безпеки, інженерно-психологічних, естетичних та соціальних.

Основні фактори виробничого середовища, що впливають на працездатність людини в процесі виробництва:

- фізичне зусилля (переміщення вантажів певної ваги в робочій зоні, зусилля, пов'язані з утриманням вантажів, натисненням на предмет праці або важіль управління механізмом протягом певного часу). Розрізняють такі види фізичного зусилля: незначне, середнє, сильне і дуже сильне;
- нервово напруження (складність розрахунків, особливі вимоги до якості продукції, складність управління механізмом, апаратом, приладами, небезпека для життя і здоров'я людей під час виконання робіт, особлива точність виконання). Є такі види напруження: незначне, середнє, підвищене;
- робоче положення (положення тіла людини і його органів відносно засобів виробництва). Розрізняють обмежене, незручне, незручно-стиснене і дуже незручне робоче положення;

- виробничий шум (частота шуму в герцах, сила шуму в децибелах). Розрізняють помірний, підвищений і сильний шум;
- освітленість у робочій зоні (в люксах). Освітленість може бути нормальна, недостатня або осліплююча.

На працездатність людини також впливають особистісні фактори: і настрої, ставлення до праці, стан здоров'я.

5.2. Шкідливі та небезпечні виробничі чинники

Відповідно доГОСТ 12.0.003-74 (1999) «Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація» шкідливі та небезпечні виробничі чинники поділяються за природою дії на наступні групи: фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні.

Небезпечними називаються чинники, здатні при відповідних умовах викликати гостре порушення здоров'я або загибель організму; шкідливими – чинники, що чинять негативний вплив на працездатність або викликають професійні захворювання і інші професійні наслідки.

До фізичних шкідливих та небезпечних чинників належить шум, вібрація і інші коливальні впливи, іонізуючі та неіонізуючі випромінювання, кліматичні параметри (температура, вологість і рух повітря), атмосферний тиск, рівень освітлення, а також пил і т.д.

До хімічних шкідливих і небезпечних чинників за характером впливу на організм людини належать токсичні, подразнюючі, сенсibiliзуючі, канцерогенні та мутагенні речовини різного агрегатного стану, що здатні викликати будь-які загальні, місцеві або віддалені в часі негативні наслідки на організм. За шляхами проникнення в організм людини вони можуть діяти через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкіряні покрови та слизові оболонки.

До біологічних шкідливих та небезпечних чинників належать патогенні мікроорганізми, мікробні препарати, біологічні пестициди, мікроорганізми – продуценти мікробіологічних препаратів.

До психофізіологічних небезпечних і шкідливих виробничих чинників за характером їх дії належать фізичні статичні і динамічні перевантаження-піднімання і перенесення вантажів, незручне положення тіла, тривалий тиск на шкіру, суглоби, м'язи та кістки; фізіологічно недостатня рухова активність (гіподинамія); нервово-психічні перевантаження – розумове перевантаження, емоційні навантаження, перенапруга аналізаторів.

Найбільший вплив на працівника при роботі з комп'ютерами мають наступні шкідливі та погрожуючі життю і здоров'ю виробничі фактори:

- підвищений рівень шуму;
- недостатня штучна освітленість робочого місця;
- високий рівень напруги в електричній мережі, торкання до якої може викликати нещасний випадок;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання.

5.3. Інструкція з охорони праці під час експлуатації □ проектного об'єкту

5.3.1 Основні положення.

1. Ця інструкція розроблена у відповідності з вимогами нормативних актів з охорони праці та обов'язкова до виконання усіма працівниками.

2. До роботи з проектом об'єктом допускаються особи інженерно-технічної □ сполуки, що вивчили проектний □ пристрій □, інструкцію з технічної □ експлуатації □, дану інструкцію і ті, які склали залік по техніці безпеки і пожежної □ безпеки.

3. Працівник зобов'язаний □:

- твердо знати і строго дотримуватись правил внутрішнього розпорядку, правил з охорони праці, не допускати на робочому місці паління і вжитку спиртних напоїв □;

- на роботу з'являтися в призначений □ час, при □ мати участь у змінно-зустрічних зборах. Хворі та особи у нетверезому стані до роботи не допускаються і повинні бути відправлені у медичний □ заклад для перевірки стану здоров'я;

- знати, що основними небезпечними і шкідливими виробничими факторами при роботі з електродвигуном є поразка електричним струмом, рухомі незагороджені елементи літака, виступаючі елементи АіРЕО (антени, датчики, ПВД та ін.), недостатній □ рівень освітлення у технічному відсіку.

5.3.2. Вимоги до безпеки перед початком роботи.

Працівник зобов'язаний □:

- надягти и □ упорядкувати робочий □ одяг, надягти головний □ убір і підібрати під нього волосся;

- перевірити оглядом технічний □ стан робочого місця, забрати з робочого місця усе, що може перешкодити роботі;

- перевірити справність устаткування, пристосувань, інструмента, вентиляції □, місцевого освітлення. Не працювати на устаткуванні з простроченими термінами огляду.

5.3.3. Вимоги до безпеки під час роботи.

Для забезпечення безпечної організації праці працівник зобов'язаний:

- забезпечити відсутність людей в зоні переміщення підвісних елементів літака (закрилки, рульові поверхні) на протязі всього періоду робіт по обслуговуванню протиобліднювальної системи;
- не знаходитися поблизу автоматично діючих механізмів, не заходити за огорожу, не знімати та не встановлювати огорожу під час їх роботи;
- переміщатися та оглядати АіРЕО з землі необхідно згідно з розробленими та затвердженими безпечними маршрутами обходу літака, які виключають можливість зіткнення інженерно-технічного складу з виступаючими або рухомими частинами літака;
- не допускається при експлуатації електродвигуна встановлювати запобіжники, які не відповідають номіналу, а також закорочувати їх дротом;
- при виконанні робіт суворо керуватися технологічними вказівками по тій або іншій перевірці;
- забороняється підключати або відключати роз'єми, які знаходяться під струмом;
- періодично необхідно перевіряти надійність з'єднання штепсельних роз'ємів;
- при знаходженні пошкодження ізоляції з'єднувальних кабелів знеструмити електродвигун і відправити його в ремонт;
- огляд, наладку, чистку, змазку, догляд та ремонт електродвигуна виконувати після його повної зупинки та відключенні;
- не притулятися до струмопровідних частин;
- забезпечити достатній рівень природного або штучного освітлення при виконанні робіт в технічному відсіку. Штучне освітлення повинно відповідати вимогам стандарту ГОСТ 5472003-82, а саме: освітлювальні прилади для загального та місцевого освітлення повинні забезпечувати нормовані кількісні та

якісні характеристики для освітлювальних пристроїв. Їх вибір слід проводити у відповідності з вимогами Сніп-4-79. Світильники місцевого освітлення повинні оснащуватись світлорегуляторами. Повинні дотримуватись норми освітленості: при загальному освітленні – 300 лк, при комбінованому – 700 лк;

-до робіт на літаку слід приступати при умові виконання вимог галузевого стандарту ГОСТ 5471004-82 і після приєднання корпусу літака до стаціонарного заземлюючого пристрою на стоянці літаків;

-підключення наземних джерел електричної енергії до бортової електричної мережі літака, а також їх відключення виконувати у відповідності з вимогами ГОСТ 5430030-84;

- забороняється використовувати у якості переносних електричних освітлювальних пристроїв – освітлювачів напругою 220 В, а також освітлювачів, не обладнаних захисним склом (сіткою);

- при наявності підвищеного рівня шумів на робочому місці необхідно застосовувати шумоподавлюючі навушники;

-використовувати захисні окуляри, сітки, каски і іншими захисними пристроями при виконанні усіх видів робіт, які супроводжуються відлітанням осколків;

-при виникненні виробничої ситуації, небезпечної для життя чи здоров'я працюючих, роботи повинні бути негайно припинені і виконавець робіт повинен повідомити безпосереднього керівника.

5.3.4. Вимоги до безпеки після закінчення роботи.

По закінченню роботи працівнику необхідно:

- у встановленому порядку вимкнути обладнання, пристрої та апаратуру, всі перемикачі встановити в початкове положення, знеструмити електродвигун. Або передати зміну при безперервному процесі;

- прибрати відходи виробництва;

-після закінчення робіт необхідно припинити душ, використовуючи резинове взуття на неслизькій підшві для запобігання падіння;

- повідомити керівника про всі недоліки, що виявилися у процесі роботи.

5.3.5. Вимоги до безпеки в аварійних ситуаціях.

Знеструмити устаткування, припинити роботу, з'явитися в розпорядження старшого зміни і докласти про подію. Основними причинами виникнення пожежі при проведенні ТЕ обладнання є:

- короткі замикання елементів ланцюгів;
- встановлення запобіжників, що не відповідають номіналові; - неправильний вибір проводів у схемі підключення;

Для попередження виникнення пожежі пропонуємо вжити заходів по кожному з перерахованих вище пунктів, а саме:

- періодично перевіряти надійність роз'ємів, особливо в місцях з'єднання проводів зі штепсельними розніманнями. Місця підключення до зовнішніх пристроїв надійні по міцності і паці;
- не встановлювати «жучки» і запобіжники, що не відповідають номіналові;
- зробити перевірку правильності вибору сполучних проводів.

У випадку виникнення пожежі застосовувати вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-2 або водопінний аерозольний типу ВВПА-400. Рекомендується встановити в лабораторії не менше 2-х вогнегасників.

Висновки до розділу 5

Правильний підхід до організації охорони праці на підприємстві дають працівникам необхідне почуття надійності, стабільності і зацікавленості керівництва у своїх співробітниках. Таким чином, завдяки налагодженню охорони праці знижується вплив шкідливих факторів виробництва на здоров'я і працездатність людини в процесі трудової діяльності, а також плинність кадрів, що в свою чергу благотворно впливає на стабільність підприємства в цілому.

В даному розділі було досліджено вплив лазерного випромінювання на працівника і розроблено заходи що дозволяють зменшити негативні наслідки під час роботи.

У цьому розділі визначено:

-якими саме документами необхідно керуватися під час монтажу та експлуатації розроблюваної системи;

-які небезпечні та шкідливі виробничі фактори впливають на працівників при технічній експлуатації приладу.

Представлені технічні заходи, що виключають або обмежують вплив на технічний персонал небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які виникають

Висновок по дипломній роботі

Новину запропонованих у дипломній роботі методів ідентифікації визначають:

1. Аналітична точність одержуваних результатів.
2. Оригінальний підхід до формування початкових умов у першому методі, системи диференціальних рівнянь у формі Коші з однорідними початковими умовами від нульового аргументу та лінійного рівняння виведення – у другому.
- 3 В данній дипломній роботі було проведено дослідження в результаті якого ми виявили, що використання аналітичних методів ідентифікації у складі адаптивних БСУ ЛА дозволить підвищити безпеку польотів та якість управління ЛА, що в свою чергу призведе до зменшення втрат під час не передбачуваних ситуацій.

Список використаної літератури

1. Побудова зворотного перетворення Лапласа від комплексної дроборациональної функції із застосуванням аналітичної матричної експоненти Л.Г. Бистров, А.А. Попов, Д.П. Тетерин.
2. Льюнг Л. Ідентифікація систем. Теорія для користувача.
3. Ейкхофф П. Основи ідентифікації систем керування.
4. Солодовніков В.В. Розрахунок та проектування аналітичних систем самонастроювання з еталонними моделями
5. Правила охорони праці НПАОП 28.5-1.02.07
6. Ідентифікація систем керування авіаційних газотурбінних двигунів /
7. В.Г. Августинович, В.А. Акіндінов, Б.В. Боїв та ін; за ред. В.Т. Дедеша. М: Машинобудова, 200 с.
8. Льюнг Л. Ідентифікація систем. Теорія для користувача / Л. Льюнг; за ред. Я.З. Ципкіна. М.: Наука. 432 з.
9. Ейкхофф П. Основи ідентифікації систем управління/П. Ейкхофф; за ред. Н.С. Райбман. М.: Світ. 681 з.
10. Семенов А.Д. Ідентифікація об'єктів управління: навч. посібник/А.Д. Семенов, Д.В. Артамонов, А.В. Брюхачов. Пенза: Вид-во Пенз. держ. ун-ту, 11 с.
11. Олссон Г. Цифрові системи автоматизації та управління / Г. Олссон, Д. Піані. СПб.: Невський діалект, 274 с.
12. Солодовніков В.В. Розрахунок та проектування аналітичних самоналаштовуються систем з еталонними моделями/В.В. Солодовніков, П.С. Шрамко. М: Машинобудування,
13. <https://avia.gov.ua/zahist-navkolishnogo-seredovishha/>
14. https://www.rapidtables.org/uk/math/calculus/laplace_transform.html