

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

з навчальної дисципліни

«Автоматизація технологічних процесів в аеропортах»

обов'язкових компонент

освітньої - професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

272 Авіаційний транспорт

Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.23 № 7__

СХВАЛЕНО

Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу Харківського
національного університету
внутрішніх справ
Протокол від 28.08.23 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.23 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки протокол від 28.08.2023 № 1.

Розробники: викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Панченко В. І.

Рецензенти:

1. Доцент кафедри систем автоматичного управління та електроприводу Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, доктор технічних наук, С. В. Сукач
2. старший викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання КЛК ХНУВС, кандидат технічних наук, спеціаліст вищої категорії Волканін Є.Є.

1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами
1.1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами
(денна форма навчання)
 не передбачено

1.1.2. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами
(заочна форма навчання)

НОМЕР ТА НАЗВА НАВЧАЛЬНОЇ ТЕМИ	КІЛЬКІСТЬ ГОДИН ВІДВЕДЕНИХ НА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ						ВИД КОНТРОЛЮ
	Всього	з них:					
		Лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	
Семестр № 7							
Тема1.Технологічні рішення паливозаправних комплексів (ПЗК) аеропортів	7	2	-	-	-	5	-
Тема 2. Системна автоматизація виробничих процесів	7	2	-	-	-	5	-
Тема 3 Прийом палива на склад ПММ аеропорту	5	-	-	-	-	5	-
Тема 4 Приймальна насосна станція. Модуль повітря-відділювача. Агрегат фільтрації палива	7	-	-	-	2	5	-
Тема 5 Системи Централізованої Заправки Літаків	7	-	-	2	-	5	-
Тема 6. Насосно-фільтраційні станції	5	-	-		-	5	-
Тема 7. Налив аеродромних паливозаправників. Введення присадок	5	-	-	-	-	5	-
Тема 8. Налив річкових танкерів та залізничних цистерн	5	-	-	-	-	5	-
Тема 9. Заправка ПС	9	-	-	2	2	5	-
Тема 10. Основи проектування АСУ ТП ТЗК	5	-	-	-	-	5	-
Тема 11. Види забезпечення АСУ ТП	7	2	-	-	-	5	-
Тема 12. АСУ ТП як спеціальна електроустановка	5	-	-	-	-	5	-
Тема 13. Інтегровані АСУ ТП ТЗК	5	-	-	-	-	5	-
Тема 14. Рівні АСУ ТП. Терміни польового рівня	5	-	-	-	-	5	-
Тема 15. Рівень контролю і управління процесом та магістральної мережі	5	-	-	-	-	5	-
Тема 16. Рівень людино-машинного	5	-	-	-	-	5	-

інтерфейсу							
Тема 17. Технологічні процеси та операції АСУ ТП	5	-	-	-	-	5	-
Тема 18. Функції АСУ ТП	5	-	-	-	-	5	-
Тема 19. Складові частини забезпечення АСУ ТП	5	-	-	-	-	5	-
Тема 20. Системи автоматичного управління	7	-	-	-	2	5	-
Тема 21. Загальні визначення АСУ ТП	4	-	-	-	-	4	-
Всього за семестр № 7:	120	6	-	4	6	104	екзамен

3. Методичні вказівки до лабораторних занять

Лабораторна робота № 1

Тема заняття: Вимірювання розходу методом змінного перепаду тиску

Начальна мета заняття. Вивчити спосіб вимірювання витрати методом змінного перепаду тиску. Ознайомитися з комплектом приладів, застосовуваних для вимірювання витрати цим методом, і набути необхідних навичок при роботі з ними. Виконати тарировку діафрагми і перевірку дифманометра-витратоміра.

Кількість годин: 2 год.

Кількість годин - 0 (денна форма); 2 (заочна форма).

Місце проведення: аудиторія коледжу.

Навчальні питання:

- 1.Визначення витрати води розрахунковим шляхом.
- 2.Експериментальне визначення витрати води.
- 3.Тарування діафрагми.
- 4.Повірка дифманометра в комплекті з вторинний приладом.

Матеріально-технічне забезпечення: лабораторія та її обладнання .

Література: [1. с.65-71]

План проведення заняття

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Зробити огляд завдання і визначити порядок його виконання. Надати посилання на відповідні презентації.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Здобувачі освіти згідно керівництва до лабораторних занять за темою виконують задачі навчальних питань.

Короткі теоретичні положення:

Опис установки і методика проведення роботи. Схема установки для проведення експерименту показана на рис. 1.

Вода з мірного бака 4 вільно зливається в бак 5 через отвір, яке може перекриватися запірним пристроєм 2 з ручним приводом. З зливного бака 5 вода відцентровим насосом 12 подається, залежно від положення гнучкого шланга 3, в бак 5 або в мірний бак 4. Кількість води в мірний бак 4 визначається за показаннями урівнемірного скла 1.

Витрата води, що протікає по нагнітальному трубопроводу з внутрішнім діаметром B варіюється зміною ступеня відкриття вентиля 11. Цей витрата можна визначити за кількістю води, що надходить в мірний бак 4 за відомий

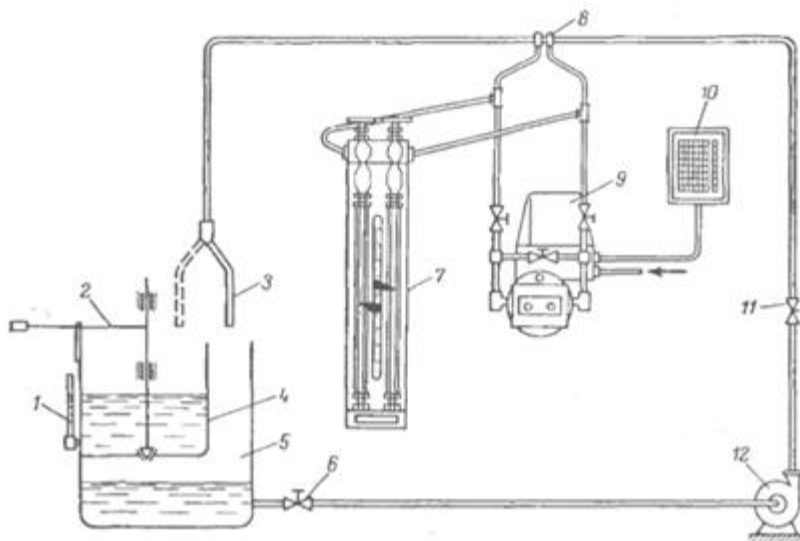


Рис.1. Установка для визначення витрати рідини витратоміром змінного перепаду тиску

проміжок часу, або за двома витратомірами змінного перепаду тиску. Останні складаються з однієї нормальної камерної діафрагми ДКН -10 8 і двох паралельно

з'єднаних дифманометрів: двотрубного U-образного дифманометра ДТ-50 7 з ртутним заповненням і мембранного пневматичного компенсаційного дифманометра ДМ-П2 9 з максимальним перепадом H_2O , вираженим в мм рт. ст. (Па), що працює в комплекті з вторинним приладом ПВ4.2Е 10.

У даній лабораторній роботі витрата речовини визначається розрахунком по перепаду тиску, що виникає на пристрої звуження потоку, а також експериментально виміром кількості речовини. Крім того, виконуються тарировка діафрагми і повірка дифманометра в комплекті з вторинним приладом.

А. Визначення витрати води розрахунковим шляхом. Витрата води розраховують за формулою (1.17), в якій приймається $\varepsilon = 1$ і $K_t = 1$. Перепад тиску ΔP (в кгс / м²), який визначається мембранним дифманометром ДМ-П2, обчислюють за формулою:

$$\Delta P = 0,001 h_{20} \rho'_{рт} g,$$

де h_{20} - різниця висот стовпів ртуті в

паралельно включеному зразковому U-образному дифманометрі при $t = 20^\circ \text{C}$ і заповненні всієї системи повітрям, мм; $\rho'_{\text{рт}}$ -щільність ртуті при нормальних умовах, рівна 13546 кг/м^3 ; g -прискорення вільного падіння, м/с^2 . Підставляючи вираз (5.3) в рівняння (1.17), отримуємо робочу формулу об'ємного (в $\text{м}^3/\text{ч}$) витрати при визначенні його мембранним дифманометром

$$F = 0,0461 \alpha m D^2 \sqrt{h_{20}/\rho}.$$

Витрата рідини знаходять для всіх оцифрованих відміток рівномірної 100% -ної шкали вторинного приладу ПВ4.2Е. Перепад (в Па або мм рт. Ст.) Для кожної оцифрованої позначки можна розрахувати за рівнянням

$$h_{20} = h_{20,\text{max}} \alpha / 100,$$

де $h_{20\text{max}}$ - максимальний перепад тиску, вимірюваний мембранним дифманометром ДМ-П2 (вказано на маркувальній табличці дифманометра); α - результати показань за шкалою вторинного приладу, %.

Для визначення витрати води за формулою (5.4) необхідно попередньо обчислити значення h_{20} для кожної оцифрованої позначки вторинного приладу за рівнянням (5.5) і дійсне значення коефіцієнта витрати α по рівності (1.16). Потім знаходять дійсне значення числа Рейнольдса по рівності (1.15).

Таблиця 1.1. Результати визначення витрати рідини розрахунковим і експериментальними методами

Оцифровані позначки вторинного приладу.	Розрахункові дані		Експериментальні дані			Похибки	
	перепад тиску на діафрагмі h_{20} Па або мм рт. ст.	Витрата води F_p $\text{м}^3/\text{ч}$	обсяг води W , що надійшла в мірний бак, л	Час наповнення τ , с	Витрата води F_d $\text{м}^3/\text{ч}$	абсолютні V , $\text{м}^3/\text{ч}$	приведені $p_{\text{пр}}$, %

Якщо дійсне значення числа Рейнольдса Re перевищує значення Re_{min} , знайдене за графіком (рис. 1.19), то отримане вище значення витрати правильно.

При $Re < Re_{\text{min}}$ розраховане значення витрати є наближеним. Для його уточнення по рівності (1.16) визначають дійсне значення коефіцієнта витрати α і по формулі (5.4) обчислюють істинну витрату рідини.

Б. Експериментальне визначення витрати води. Правильність визначення витрати води розрахунковим шляхом перевіряють експериментально на описаній вище установці (див. Рис. 1.).

Після включення насоса 12 плавним зміною ступеня відкриття вентиля 11 домагаються, щоб стрілка приладу ПВ4.2Е встановлювалася по черзі на кожній повіряється оцифрованої позначці його шкали. При цьому кожен раз

визначають фактичні витрати води F_d (в $\text{м}^3/\text{ч}$), що проходить через звуження потоку

$$F_d = 3,6W/\tau,$$

де W - кількість води, що надійшла в мірний бак 4 при даному витраті за проміжок часу τ (в с), л.

Витрати рідини, обчислені підстановкою експериментальних даних в формулу (5.6), приймають за дійсні значення. Значення витрати води для кожної оцифрованої відмітки шкали вторинного приладу, отримане розрахунком, а також в результаті експерименту, заносять в табл. 1.1.

В. Тарування діафрагми. Основне рівняння витрати можна представити у вигляді

$$F_d = A \sqrt{h},$$

де F_d - дійсний витрата, що розраховується за рівнянням (5.6): h - різниця стовпів ртуті в U-образному дифманометрі при робочих умовах; A - тарувальний коефіцієнт, що залежить від α , m , p , Re .

Таким чином, якщо витрата рідини і різниця висот стовпів ртуті в U-образному дифманометрі визначити з опита, то, користуючись рівнянням (5.7), можна знайти тарувальний коефіцієнт A для різних значень витрат.

$$A = F_d / \sqrt{h},$$

Для даної конструкції і розмірів пристрою звуження при незмінних параметрах вимірюваного середовища і $Re > Re_{min}$ тарувальний коефіцієнт є величиною постійною. Якщо ж параметри вимірюваного середовища змінні або витрата виміряна в області, де $Re < Re_{min}$, то коефіцієнт витрати α - величина змінна і, отже, змінним буде тарувальний коефіцієнт A . В цьому випадку і в разі нестандартної діафрагми або при порушенні правил її установки, про яку при неізвечних діаметре і інших параметрах раніше встановленої діафрагми виробляють її тарировки.

Тарировка діафрагми полягає в експериментальному визначенні залежності $A = f(h)$ для різних витрат. Знаючи цю залежність, можна для будь-якого значення h знайти відповідне значення тарувального коефіцієнта A і за рівнянням (5.7) розрахувати величину витрат F .

Звуження потоку тарують на експериментальній установці (див. Рис. 5.6) при значеннях витрати, прийнятих в попередньому розділі.

Перепад тиску (в Па або мм рт. ст.), Що виникає на пристрої звуження потоку, визначається U-образним дифманометром ДТ-50 з ртутним заповненням. Відповідність між h_{20} і різницею висот стовпів ртуті h в паралельно з'єднаному U-образному дифманометрі при робочих умовах визначають з рівності

$$\text{де } \rho'_{рт}, \rho_{рт} \quad h = h_{20} \rho'_{рт} / (\rho_{рт} - \rho), \quad \text{-щільність ртуті при нормальних і}$$

робочих умовах, $\text{кг} / \text{м}^3$; ρ - щільність вимірюваного середовища при робочих умовах, $\text{кг} / \text{м}^3$.

Зміна і вимірювання витрати рідини, що протікає через звуження потоку, проводиться так само, як і в попередньому розділі.

Отримані значення тарувального коефіцієнта A заносять в табл. 1.2, потім будують графік залежності $A = f(h)$.

Таблиця 1.2. Результати тарировки діафрагми

Перепад тиску h на діафрагмі. Па або мм рт. ст.	Експериментальні дані			Тарувальний коефіцієнт A
	обсяг води W , яка надійшла в мірний бак, л	час наповнення τ , с	витрати води F_d , $\text{м}^3/\text{ч}$	

Таблиця 1.3. Результати перевірки ДМ-П2 в комплекті з вторинним приладом

Позначки вторинного приладу які повіряють, %	Розрахунковий перепад тиску		Показання зразкового дифманометра h_d . Па або мм рт. ст.	Погрішності	
	при нормальних умовах h_{20} , Па, або мм рт. ст.	при робочих умовах h , Па або мм рт. ст.		абсолютні γ . Па або мм рт. ст.	наведені $\beta_{пр}$. %

Г. Повірка дифманометра в комплекті з вторинним приладом. Повірка мембранного дифманометра ДМ-П2 в комплекті з вторинним приладом ПВ4.2Е проводиться з метою знаходження їх похибки на описаній вище установці.

Зміна перепаду тиску здійснюється зміною витрати рідини, що проходить через діафрагму. Зразковим дифманометром, показання якого приймаються за дійсні значення вимірюваного перепаду, служить U-подібний дифманометр ДТ-50 з ртутним заповненням.

Розрахункові значення перепаду тиску h_{20} для повірених цифрованих відміток вторинного приладу знаходять за рівнянням (5.5). Відповідність між h_{20} і різницею висот стовпів ртуті h в паралельно приєднаному зразковому U-образному дифманометрі при робочих умовах визначається по рівності (5.9).

Повірка проводиться порівнянням показань зразкового U-образного дифманометра з розрахунковими показаннями повіряемого комплекту приладів h при робочих умовах, вираженими в Па або мм рт. ст. Повіркці підлягають п'ять рівномірно розподілених за шкалою вторинного приладу цифрованих відміток (20, 40, 60, 80 і 100% верхньої межі вимірювання). Результати перевірки дифманометра в комплекті з вторинним приладом заносять в табл. 1.2.

Порядок виконання роботи.

А. Визначення витрати води розрахунковим шляхом.

Для цього необхідно:

- 1) по рівності (5.5) обчислити перепад тиску h_{20} (в Па або мм рт. Ст.) Для всіх оцифрованих відміток вторинного приладу ПВ4.2Е і занести його в табл. 5.4;
- 2) отримати від викладача дані про розміри пристрою звуження і трубопроводу;
- 3) знайти значення величин $\alpha_{исх}$ $K_{ш}$, $K_{П}$.
- 4) з рівності (1.16) визначити значення коефіцієнта витрати α ;
- 5) за рівнянням (5.4) обчислити витрату рідини, що протікає через діафрагму, для всіх значень перепадів h_{20} , відповідних оцифрованих відмітках вторинного приладу;
- 6) використовуючи рівняння (1.15) і рис. 1.19, визначити значення чисел Рейнольдса Re і Re_{min} для всіх знайдених значень витрат; при $Re > Re_{min}$ знайдені вище витрати є дійсними і заносяться в табл. 5.4;
- 7) при $Re < Re_{min}$, необхідно обчислити дійсні розрахункові значення витрати за формулою (5.4). попередньо визначивши по рівності (1.16) дійсні значення коефіцієнта α .

Отримані розрахункові значення витрати також заносять в табл. 1.1.

Б. Експериментальне визначення витрати води:

- 1) приєднати до діафрагми мембранний дифманометр ДМ-П2 і дифманометр ДТ-50;
- 2) подати редуктором стиснене повітря тиском 0,14 МПа в лінію живлення дифманометра;
- 3) направити гнучкий шланг в бак 5 (див. 5.6) і включити відцентровий насос 12;
- 4) поступово відкриваючи вентиль 11, встановити стрілку вторинного прилада на першій поверяємій позначці (20%);
- 5) гнучкий шланг 3 направить , в мірний бак 4, одночасно відмічая час за секундоміром;
- 6) набравши в мірний бак 4 певну кількість води ($W_{л}$), перемістіть гнучкий шланг в сторону зливного бака 5, одночасно визначаючи секундоміром час (τ . с), протягом якого в мірний бак 4 набралось W л води. Злити воду з мірного бака 4 відкривши запірний пристрій 2, і знову закрити його;
- 7) повторити роботу по пп. 4) - 6) при установці стрілки вторинного приладу по черзі на всіх оцифрованих відмітках шкали і отримані дані занести в табл. 1.1:
- 8) перекрити вентилі 6 і 11, вимкнути насос і припинити подачу стисненого повітря в трубопровід дифманометра ДМ-П2;
- 9) за формулою (5.6) обчислити дійсні значення витрати води, що проходить через діафрагму при установці стрілки вторинного приладу на всіх оцифрованих відмітках його шкали. Отримані значення також занести в табл. 1.1.

В. Тарування діафрагми:

- 1) через запірні вентилі приєднати до діафрагми U-подібний дифманометр ДТ-50 і відключити дифманометр ДМ-П2;

- 2) відкрити вентиль 6 і включити відцентровий насос 12 ;
- 3) плавно відкриваючи прохідний перетин вентиля 11 встановити на U образному дифманометрі ДТ 50 найменшу різницю висот стовпів ртуті h з числа знайдених вище;
- 4) гнучкий шланг 3 направити в мірний бак 4, одночасно відзначаючи час за секундоміром;
- 5) набравши в мірний бак певну кількість води (W , л), одночасно направити гнучкий шланг 3 в зливний бак і виміряти по секундоміру час (τ , с), протягом якого в мірний бак набралось W л води ; злити воду з мірного бака в зливний, відкриваючи запірний пристрій і знову закриваючи його;
- 6) повторити роботу по пп. 3)- 5), встановлюючи по черзі на U -образному дифманометрі різні різниці висот стовпів ртуті h ;
- 7) перекрити вентилі 6 і 11 і вимкнути насос;
- 8) за формулою (5.6) обчислити дійсні значення витрати води, що проходить через діафрагму, при різних різницях висот стовпів ртуті h . Записати отримані дані в табл. 1.2;
- 9) користуючись рівністю (5.8), визначити експериментальні значення таріровочних коефіцієнтів A і також занести їх в табл. 1.2. Побудувати графік залежності $A = f(h)$.

Г. Повірка дифманометра в комплекті з вторинним приладом:

- 1) по рівняннях (5.5) і (5.9) визначити розрахункові значення h_{20} і h вивіреного комплекту приладів для п'яти оцифрованих відміток вторинного приладу і записати їх в табл. 5.6;
- 2) повністю відкрити вентиль 6 (див. Рис. 1.3) на всмоктуючому трубопроводі. Через запірні вентилі приєднати до діафрагми Вивірений мембранний дифманометр ДМ-П2 і зразковий U-подібний дифманометр ДТ-50;
- 3) подати стиснене повітря тиском 0,14 МПа в трубопровід дифманометра ДМ-П2. Направити гнучкий шланг в зливний бак 5 і включити відцентровий насос 12 ;
- 4) створити в вимірювальному блоці дифманометра перепад тиску, який відповідає першій поверяемій позначці за шкалою вторинного приладу (20%) і. зняв показання зразкового приладу отримані дані занести в табл. 1.3;
- 5) аналогічним чином перевірити всі наступні оцифровані точки. Отримані результати також занести в табл. 1.3;
- 6) перекрити вентилі 6 і 11, вимкнути відцентровий насос і перекрити подачу стисненого повітря в лінію живлення дифманометра ДМ - П2.

Питання до захисту:

1. Розкажіть про умови проведення дослідження.
2. Як проводити повірку приладів ?
3. Техніка безпеки під час проведення дослідження.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Перевірити у декількох здобувачів результати виконання поставлених задач, виставити відповідні оцінки. Зазначити перелік задач для самостійної роботи, вказати час і спосіб перевірки результатів самостійної роботи.

Оголосити тему наступного заняття.

Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

Основна література:

1. Нальотова Н.І., Білаш Т.О., Дрогомерецька Г.В. «Технологічні операції з ПММ»: Навчальний посібник – Кременчук, 2019
2. Аеродромно-технічне забезпечення польотів. Конспект лекцій. / Білякович О.М. – К.: «НАУ-друк», 2009. – 80с.
3. ICAT Doc.4444. Правила аеронавігаційного обслуговування
4. M. Tim Jones, AI Application Programming. Charles river media, INC. Hirgham, Massachusetts, 2005.
5. Fuel Management at Airports, M+F Systems Technology. Gamburg, 2008
6. COTAS Terminal Automation System, Gamburg, 2009
7. Fuel Management в Tank Farms and Terminals, M+F Systems Technology. Gamburg, 2008
8. Refuelling Controller MFX-4. Gamburg, 2009
9. В.К.Громов, Ю.А.Лук'янов, Н. Є.Сироїдов “Автоматизація процесів авіапаливозабезпечення. Інтелектуальна система”, Навчальний посібник, М., 2011

Допоміжна література:

1. Засоби автоматизації для промислових підприємств та ВПК. Компанія "Фіорд", 2006.
2. А.Г. Годнєв, Є.І. Зоря, Д.А. Незмов «Комерційний облік потоків НП автоматизованими системами», навчальний посібник, М., 2008р.
3. Industrial Ethernet – найбільш використовувана промислова шина 2003 Автоматизація в промисловості. 2004. №7
4. Петров І.В. Програмовані контролери. Стандартні мови та прийоми прикладного програмування. За ред. В.П. Дияконова, М., Салон-Прес, 2004.
5. Островський Г.М., Волін Ю.М. Технічні системи за умов невизначеності. Аналіз гнучкості та оптимізації. М., Біном. Лабораторія знань. 2008.
6. Системи штучного інтелекту. М., Фізматліт, Біном. Лабораторія знань. 2008.
7. М. Тім Джонс. Програмування штучного інтелекту у додатках. М., ДМК, 2006.
8. Контролер управління процесом заправки літаків MFX-4. Гамбург, 2008
9. Управління рухом палива в аеропортах, Системні технології, Гамбург, 2008.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Офіційний сайт Державної Авіаційної Служби України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://avia.gov.ua/>

2. Офіційний сайт аеропорту «Бориспіль» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kbp.aero/>
3. Офіційний сайт журналу «Крила» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.wing.com.ua/>

Лабораторна робота № 2

Тема заняття: Метод визначення густини нафтопродуктів

Начальна мета заняття. Ознайомитись та вивчити методику визначення густини нафтопродуктів (паливо для реактивних двигунів, мастила (марка за наявністю)).

Кількість годин: 2 год.

Кількість годин - 0 (денна форма); 2 (заочна форма).

Місце проведення: аудиторія коледжу.

Навчальні питання:

- експериментальне дослідження властивостей нафтопродуктів;
- експериментальне визначення густини нафтопродуктів.

На експериментальному етапі необхідно:

- відібрати необхідні для роботи нафтопродукти посуд та прилади; ;
- провести дослід, уважно спостерігаючи за методикою виконання виміру, згідно ГОСТ 3900 - 85.
- зробити запис у протоколі лабораторної роботи відповідно до встановленої форми.

Матеріально-технічне забезпечення: ареометр для нафтопродуктів АНТ – 1650-40, АНТ -1710-770, АНТ-1770-7-830, АНТ -1830-890.; мірні циліндри 250 мл.; термометри скляні ртутні.

Література: [1. с.75-81]

План проведення заняття

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Зробити огляд завдання і визначити порядок його виконання. Надати посилання на відповідні презентації.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Здобувачі освіти згідно керівництва до лабораторних занять за темою виконують задачі навчальних питань.

Короткі теоретичні положення:

Густина реактивного палива – це показник його якості, який характеризує масу палива в об'ємі якій він займає.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

де ρ - густина палива, кг/м³ (г/м³);

m-маса палива, кг (г);

V - об'єм палива, м³ (см³)

Густина-один з найбільш загальних показників якості палива для реактивних двигунів, передбачені стандартами на них, являється фізичною характеристикою палива.

Густина реактивного палива, як показник його якості, використовується при розрахунках тривалості та дальності польоту ПС, енергетичних властивостях палива, вираховування масової кількості палива на борту ПС. Так як густина нафтопродуктів залежить від температури, для отримання східних результатів густину реактивних палив необхідно вимірювати при одній температурі. Густину нафтопродуктів прийнято вимірювати при стандартній температурі 293 К (20°).

На практиці часто доводиться вимірювати густину при температурі, що відрізняється від 293 К. У таких випадках проводять перерахунок згідно формули

$$\rho^{20} = \rho^t + \gamma (t - 20)$$

де ρ^{20} - густина при температурі 293 К (20°).;

ρ^t - густина при температурі випробування;

γ – середня температура поправки густини на 1 (1°С);

t – температура випробування, К (°С).

Згідно з вимогами стандарту на реактивне паливо густина не повинна бути менше певної величини (наприклад, для палива ТС-1 не менше 775 кг/м³).

При зберіганні густина реактивних двигунів практично не змінюється, тому розходження значень при вимірі густини можуть з'являтися тільки за рахунок можливих помилок при її вимірах чи при помилковому змішенні палив різних марок.

На підприємствах ЦА густину реактивних палив визначають згідно ГОСТ 3900-85 за допомогою спеціального прибору – ареометром. Ареометри типу АНТ-1, АНТ-2, АН застосовують при визначенні густини реактивних палив.

Використання ареометрів засновано на законі Архімеда, згідно з яким ареометр, плаваючи в рідині, буде занурюватися на більшу глибину в більш легку рідину (з меншою густиною) та на меншу – у більш важку рідину (з більшою густиною).

Хід експерименту

1. Теоретичний етап

На цьому етапі необхідно:

- сформулювати мету роботи;
- продумати, які поняття, закони, правила, гіпотези необхідно використати для досягнення поставленої мети. У навчальній літературі, конспекті лекцій зайти відповіді на ці питання;
- на підставі проведеного теоретичного аналізу спланувати хід використання експерименту. Для цього визначити: які реакції слід провести: які фізичні величини при цьому потрібно виміряти; які реактиви, посуд, устаткування, яку установку (прилад) необхідно використати; послідовність

виконання всіх необхідних дій: у якій формі робити запис спостережень, вимірювань.

2. Експериментальний етап

2.1. Підготовка до аналізу:

- відбір проби – згідно ДСТУ 4488:2005;
- залежно від властивостей нафтопродукту, пробу доводять до температури випробування, чи пробу нафтопродукту витримують при температурі навколишньої середовища до досягнення цієї температури.

2.2. Проведення випробування:

- циліндр для ареометру становлять на рівній поверхні. Пробу нафтопродукту наливають у циліндр, який має ту ж температуру, що й проба, уникаючи утворення бульбашок та втрат від випаровування. Бульбашки повітря, які з'являються на поверхні, знімають фільтруючим папером;

- температуру нафтопродукту вимірюють до чи після виміру густини по термометру ареометра (при випробуванні темних нафтопродуктів термометр ареометра піднімають над поверхнею рідини настільки, щоб було видно верхній кінець стовпчика термометричної рідини та можливо було відсчитати температуру) чи допоміжним термометром. Температуру підтримують постійною з погрешністю не більше 0,2 °C;

- чистий та сухий ареометр повільно та обережно опускають в циліндр з нафтопродуктом, підтримуючи ареометр за верхній кінець, не допускаючи змочування частини стержня, яка розташована вище рівня занурення ареометра;

- коли ареометр установиться та припиниться його коливання, знімають показання по верхньому краю меніска, при цьому око знаходиться на рівні меніска (додаток 3-6). Відлік згідно шкали ареометру відповідає густині нафтопродукту при температурі випробування ρ (маса продукту, що втримується в одиниці об'єму, г/см³);

- при використанні ареометрів, градуйованих по нижньому меніску, показники знімають згідно додатком 2 та вносять поправку на меніск згідно з табл. 2.1

Таблиця 2.1

Показник	Діапазон густини	Ціна ділення ареометру	Припустима погрешність виміру	Поправка на меніск
Густина при 20°C, ρ , г/см ³	Від 0,60 до 1,00 0,60 1,10	0,0005 0,001	$\pm 0,0003$ $\pm 0,0006$	+0,0007 +0,0014

2.3. Обробка результатів:

- температуру, яку заміряли округляють до ближчого значення температури згідно обов'язкового додатку 1 ГОСТ 3900-85;

- Згідно округленого значення температури та густини ρ , згідно шкали ареометру, знаходять густину нафтопродукту при 20°C згідно обов'язкового додатку 1 ГОСТ 3900-85;

- приклад перерахунку густини, яку визначили при температурі випробування, на густину при температурі 20°C. За результат виміру приймають середнє арифметичне двох вимірів:

Приклад. Густина нафтопродукту при температурі 27,5°C дорівнює 0,6448 г/см³.

Для перерахунку густини продукту, яку виміряли при 27,5°C, на густину при 20°C, необхідно:

- округлити виміряну густину до другої значущої цифри, наприклад, до 0,640 чи до 0,650 г/см³;
- згідно таблиці в горизонтальній графі « Густина по шкалі ареометру, г/см³» знайти округлену величину густини, наприклад , 0,640;
- в графі « Температура іспиту, °C», знайти значення температури іспиту – 27,5 °C;
- згідно таблиці знайти густину продукту при 20°C – 0,647 г/см³. Так як при округленні виміру густини значення густини фактично зменшили на 0,6448-0,640=0,0048 чи 0,005 г/см³, необхідно додати це значення до знайденого згідно таблиці значення густини при 20°C, тобто (0,647+0,005) г/см³ = 0,652 г/см³.

Таким чином, густина продукту при 20°C буде 0,652 г/см³.

- якщо виміряну густину округлити до 0,650 г/см³, фактичне збільшення значення густини буде 0,650-0,6448=0,0052 чи 0,005 г/см³. Тому із значення густини при 20°C, знайденого по таблиці (0,6569 чи 0,657 г/см³), необхідно відрахувати 0,005 г/см³, тобто 0,657-0,005=0,652 г/см³.

Густина продукту при 20°C складає 0,652 г/см³.

2.4. Точність виміру.

2.4.1. Збіжність

Два результати випробувань, які були отримані одним виконуючим, являються достовірними (с 95%-ою довірчою вірогідністю), якщо розходження між ними не перевищують 0,0005 г/см³ для прозорих продуктів; 0,0006 г/см³ - для темних та непрозорих продуктів.

2.4.2. Відтворюваність

Два результати випробувань, які були отримані в двох лабораторіях, являються достовірними (с 95 %-ою довірчою вірогідністю), якщо розходження між ними не перевищують 0,0012 г/см³ для прозорих продуктів; 0,0015 г/см³ - для темних та непрозорих продуктів.

Оформлення роботи:

На цьому етапі необхідно:

- якщо експеримент кількісний, необхідно виконати відповідні обчислення з тією ж точністю, яка досягається під час вимірювань.

! Лабораторна робота вважається виконаною лише після її захисту перед викладачем в індивідуальному порядку.

Питання до захисту:

1. Дати визначення поняття густини нафтопродуктів.
2. Охарактеризувати методику проведення виміру густини ареометром.
3. Техніка безпеки під час проведення дослідження.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Перевірити у декількох здобувачів результати виконання поставлених задач, виставити відповідні оцінки. Зазначити перелік задач для самостійної роботи, вказати час і спосіб перевірки результатів самостійної роботи.

Оголосити тему наступного заняття.

Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті**Основна література:**

1. ДСТУ 4488: 2005 Нафта і нафтопродукти. Методи відбору проб.
2. Інструкція з забезпечення заправлення повітряних суден паливно-мастильними матеріалами і технічними рідинами в підприємствах цивільного авіаційного транспорту України. Наказ Державіаслужби України від 14.06.2006 N 416.
3. ГОСТ 3900 -85 Нафта та нафтопродукти. Методи визначення густини.
4. Г.А.Глінка. Загальна хімія. Л.: Хімія, 1980 р. - 719 с.
5. В.В.Сухан, Г.В.Габенська. Хімія, 1996р.

Допоміжна література:

1. Лапшенков Г.І., Полоцький Л.М. „Автоматизація виробничих процесів у хімічній промисловості”. - М: Хімія, 1988 р.
2. Засоби автоматизації для промислових підприємств та ВПК. Компанія "Фіорд", 2006.
3. А.Г. Годнєв, Є.І. Зоря, Д.А. Незмов «Комерційний облік потоків НП автоматизованими системами», навчальний посібник, М., 2008р.
4. Інтегровані системи управління технологічними процесами, С.Петербург, Видавництво Прогрес, 2009
5. Блек Ю. Мережі ЕОМ: протоколи, стандарти, інтерфейси. М., Світ, 1990
6. Industrial Ethernet – найбільш використовувана промислова шина 2003 Автоматизація в промисловості. 2004. №7
7. Петров І.В. Програмовані контролери. Стандартні мови та прийоми прикладного програмування. За ред. В.П. Дияконова, М., Салон-Прес, 2004.
8. Островський Г.М., Волін Ю.М. Технічні системи за умов невизначеності. Аналіз гнучкості та оптимізації. М., Біном. Лабораторія знань. 2008.
9. Системи штучного інтелекту. М., Фізматліт, Біном. Лабораторія знань. 2008.
10. М. Тім Джонс. Програмування штучного інтелекту у додатках. М., ДМК, 2006.
11. Контролер управління процесом заправки літаків MFX-4. Гамбург, 2008
12. Управління рухом палива в аеропортах, Системні технології, Гамбург, 2008.

Лабораторна робота № 3.

Тема заняття: Програмування на регулюючому мікропроцесорному контролері одноконтурної АСР і дослідження її перехідних процесів

Начальна мета заняття. Ознайомитися з основами програмування АСР на ПМК Реміконт Р 100. Відповідно до завдання реалізувати програмуванням одноконтурну аналогову АСР температури, експериментально вивчити вплив параметрів на будівництва алгоритму регулювання на якість перехідного процесу АСР.

Кількість годин: 2 год.

Кількість годин - 0 (денна форма); 2 (заочна форма).

Місце проведення: аудиторія коледжу.

Навчальні питання:

1. Програмування на регулюючому мікропроцесорному контролері одноконтурної АСР.
2. Дослідження перехідних процесів на контролері одноконтурної АСР.

Матеріально-технічне забезпечення: лабораторія та її обладнання .

Література: [1. с.84-95]

План проведення заняття

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Зробити огляд завдання і визначити порядок його виконання. Надати посилання на відповідні презентації.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Здобувачі освіти згідно керівництва до лабораторних занять за темою виконують задачі навчальних питань.

Короткі теоретичні положення:

- 1) ознайомитися з експериментальною установкою і отримати завдання на програмування контролера;
- 2) складіть блок-схему програмованої АСР і належну їй алгоритмічну схему;
- 3) провести конфігурування контролера відповідно до пп. 1 - 14 таблиці 1.2
- 4) подати повітря і електроенергію на експериментальну установку і зняти статичні характеристики об'єкта по каналу регулюючого (п. 15 табл. 1.2) і обурюючого впливів, а також криву розгону. По отриманим характеристикам визначити параметри об'єкта;
- 5) вибрати закон регулювання і визначити оптимальні значення його настрівних параметрів. Заповнити таблицю параметрів настройки Реміконта.
- 6) провести програмування параметрів налаштування обраного алгіблока відповідно до пп. 1 -17 табл. 1.3;
- 7) зняти перехідні процеси в замкнутій системі при ступінчастій зміні витрати повітря;

8) зняти перехідні процеси при двох інших значеннях кожного коефіцієнта настройки алгіблока контролера і припинити подачу повітря і електроенергії на експериментальну установку;

9) занести отримані перехідні процеси в лабораторний журнал, визначити їх показники якості і заповнити табл. 1.1. Проаналізувати вплив параметрів настройки алгоритму регулювання на якість перехідного процесу.

Дослідження перехідних процесів одноконтурною АСР проводиться на експериментальній установці (рис. 1.1). Повітря продувається через підігрівач 3, в якому змонтовано електронагрівач 12. Температура повітря на виході з підігрівача T сприймається термоелектричним перетворювачем 4 змінюється перетворювачем 5 в стандартний електричний сигнал, що направляється на вхід РЕМИКОНТа Р-100 7.

Вихідний сигнал РЕМИКОНТа через тиристорний підсилювач 11 управляє виділенням тепла па електронагрівачі 12. Це призводить до зміни інтенсивності нагріву потоку повітря і зміни його температури. Установка включається в мережу тумблером 10. Витрата повітря F змінюють вентиляем 1 і вимірюють ротаметром 2.

Одноконтурну АСР програмують па Реміконте з ПО 8. Криві розгону підігрівача і перехідних процесів в АСР реєструються приладом 6. Вхідні і вихідні сигнали РЕМИКОНТа контролюють за показниками ЦИ ПО. При необхідності можна передбачити також вимір цих сигналів додатковими аналоговими приладами. Вихід температури за межі встановлених значень сигналізується лампами 9.

Функціональна схема одноконтурної АСР приведена на рис. 1.1.

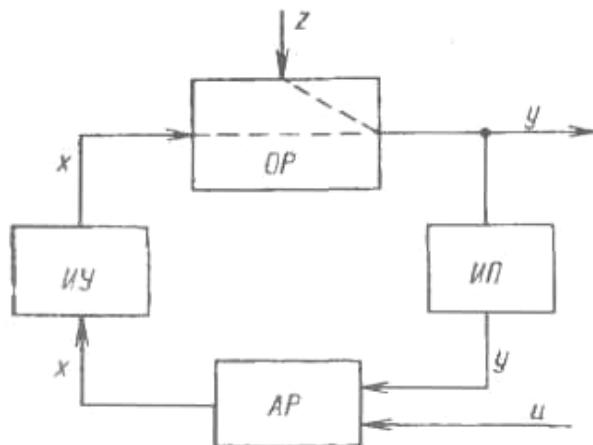


Рис. 1.1. Функціональна схема одноконтурної АСР

В даній установці об'єктом регулювання ОР є підігрівач 3, регулятором АР - Ремиконт 7, ізмерітельним перетворювачем ИП - перетворювачі 4 і 5, виконавчим перетворювачем ИП- тиристорний підсилювач 11 в комплекті з електронагрівачем 12. Регульована величина y в системі - це зміна температури повітря T на виході з підігрівача, що регулює вплив x - зміна вихідного сигналу $u_{вих}$ Реміконта, обурення z - зміна витрати повітря F .

Завдання па програмування АСР і виконання лабораторної роботи оформляється у вигляді таблиці конфігурацій РЕМІКОНТа (див. табл. 1.2). У завданні також повинні бути приведені: задане значення температури повітря T_0 , номінальне значення витрати повітря через підігрівач F_0 ; вид типового перехідного процесу в програмованій системі; допустиме відхилення температури від заданого значення $u_{\text{дін доп}} = \Delta T_{\text{доп}} = |T_{\text{доп}} - T_0|$; допустиме значення часу регулювання $t_{p \text{ доп}}$; максимальне обурення на витрату повітря $Z_{\text{max}} = \Delta F_{\text{max}}$. Таблиця параметрів налаштування (див. Табл. 1.2) заповнюється в міру визначення даних в процесі виконання лабораторної роботи.

Таблиця 1.2 Параметри налаштування Реміконт

Код алгоблока	Масштабні коефіцієнти				Нелінійності					Параметри настройки					Задане	Режим роботи алгоблока
	K2	K3	K4	K5	H1 (I)	H2 (I)	H3 (I)	H4 (II)	H5 (A)	K6 (k _n)	T1 (T _n)	T2 (T _z)	T3 (T _ф)	T4 (T _к)	T5 (T _в)	

При виконанні роботи спочатку конфігурують на Реміконті алгоблок зі стандартним законом регулювання, знімають статичні характеристики і криву розгону об'єкту по каналу регулюючого впливу $u_{\text{вих}} \rightarrow T$ і визначають динамічні характеристики об'єкта. За характеристиками знаходять оптимальні значення параметрів настройки закону регулювання, заповнюють таблицю параметрів настройки Реміконт і програмують коефіцієнти алгоблока. Потім знімають перехідні процеси в системі при різних значеннях параметрів настройки алгоритму регулювання. На закінчення визначають, чи задовольняє запрограмована система заданим значенням показників якості перехідного процесу.

Конфігурування АСР. Програмування одноконтурної АСР па РЕМІКОНТі проводять відповідно до опису, приведеним в розділі 4.4 і в лабораторній роботі (розділ 7.8). Спочатку складають блок схему і алгоритмічну схему з'єднання РЕМІКОНТа, приблизний вигляд яких наведено на рис. 4.17 і 4.18. Потім відповідно до табл. 1.2 програмують загальні параметри РЕМІКОНТ. вибирають конкретний алгоблок. Вводять в нього аналоговий алгоритм регулювання, проводять конфігурацію алгоблока і в ручному режимі викликають на ЦІ його вхідний $u_{\text{вх}}$ і вихідний $u_{\text{вих}}$ сигнали. В результаті цього Реміконт підготовлений до зміни вихідного сигналу $u_{\text{вих}}$. Відзначимо, що для отримання в даній системі ООС інвертувати сигнал, що надходить на вхід алгоблока не слід.

Таблиця 1.2. Послідовність конфігурування одноконтурної АСР

№ п.п.	Наименование операции	Подожжение органов управления	Ламповая индикация
1	Установка разрешения на программирование	Ключ направо	
2	Общее обнуление и установка комплектности 0.1.1.	обнул. общее <input type="checkbox"/> изм. <input type="checkbox"/> пуск-стоп <input type="checkbox"/> ↓ пуск-стоп <input type="checkbox"/> ↑	компл. <input checked="" type="checkbox"/>
3	Выбор алгоблока 1.3	алгобл <input type="checkbox"/>	компл. <input checked="" type="checkbox"/>
4	Переход в режим выбора алгоритма	алгоритм <input type="checkbox"/>	алгоритм <input checked="" type="checkbox"/>
5	Выбор алгоритма	изм. <input type="checkbox"/> ↓ здн ↑ <input type="checkbox"/>	алгоритм <input checked="" type="checkbox"/>
6	Переход в режим конфигурирования	конф <input type="checkbox"/>	конф <input checked="" type="checkbox"/>
7	Установка кода входа алгоблока	↓ здн ↑ <input type="checkbox"/>	конф <input checked="" type="checkbox"/>
8	Установка кода источника сигнала	изм. <input type="checkbox"/> ↓ вых ↑ <input type="checkbox"/> ↑ ↑ <input type="checkbox"/>	конф <input checked="" type="checkbox"/> без инв <input checked="" type="checkbox"/>
9	Установка кода аналогового выхода алгоблока	↓ здн ↑ <input type="checkbox"/>	конф <input checked="" type="checkbox"/>
10	Установка кода приемника аналогового сигнала	изм. <input type="checkbox"/> ↓ вых ↑ <input type="checkbox"/> ↑ ↑ <input type="checkbox"/>	конф <input checked="" type="checkbox"/>
11	Установка кода дискретного алгоблока	↓ здн ↑ <input type="checkbox"/>	конф <input checked="" type="checkbox"/>
12	Установка кода приемника дискретного сигнала	изм. <input type="checkbox"/> ↓ вых ↑ <input type="checkbox"/>	конф <input checked="" type="checkbox"/>
13	Контроль входного сигнала	вх <input type="checkbox"/>	вх <input checked="" type="checkbox"/>
14	Контроль выходного (аналогового) сигнала	вых <input type="checkbox"/>	вых <input checked="" type="checkbox"/>
15	Изменение выходного (аналогового) сигнала	↓ вых ↑ <input type="checkbox"/> ↑ ↑ <input type="checkbox"/>	вых <input checked="" type="checkbox"/>

Визначення характеристик об'єкта. Характеристики підігрівача визначають за експериментально отриманими статичними характеристиками $T = f(u_{\text{вих}})$ і $T = f(F)$ і кривої розгону $T = f(t)$, отриманої при ступеневій зміні $u_{\text{вих}}$.

Для знаходження статичної характеристики $T = f(u_{\text{вих}})$ спочатку вентилем 1 по показанню ротаметра 2 встановлюють витрату повітря через підігрівач 3 на номінальному значенні F_0 . Потім, замикаючи тумблер 10, через тиристорний підсилювач 11 подають електроенергію на підігрівач і з ПО встановлюють послідовно чотири-п'ять значень $u_{\text{вих}}$, домагаючись кожен раз рівноважного стану об'єкта, про що судять по сталості в ньому температури. За значеннями $u_{\text{вих}}$ і T для рівноважних станів будують статичну характеристику $T = f(u_{\text{вих}})$. По ній визначають значення інших $u_{\text{вих}}$, при якому $T = T_0$ і коефіцієнт передачі об'єкта по каналу що регулює вплив $k_{об} = \Delta T / \Delta u_{\text{вих}}$. Змінюючи 3-4 рази витрату повітря F при значенні $u_{\text{вих}} = u_{\text{вих}0}$ вимірюють значення температури T н

будують статичну характеристику $T = f(F)$. По ній знаходять значення коефіцієнта передачі об'єкта по каналу обурює впливу до $k_n = \Delta T / \Delta F$.

Для зняття кривої розгону об'єкт призводять в рівноважний стан (при $u_{вих} = u_{вих.о}$ і $F = F_o$), вимірюють значення T_o за показаннями приладу 6 і наносять на об'єкт ступеневий регулюючий вплив, змінюючи вихідний сигнал Ремиконта $u_{вих}$ з ПО па величину $\Delta u_{вих}$, яка визначається з рівності

$$\Delta u_{вих} = (k_n k_{об}) \Delta F_{max}.$$

де k_n і $k_{об}$ - відповідно коефіцієнти передачі об'єкта по каналам який регулює і обурюючого впливів; ΔF_{max} - максимальна величина обурення, зазначена в завданні.

Зміна $\Delta u_{вих}$ контролюють по ЦИ ПО. При цьому потрібно мати на увазі, що при часу циклу 0,51с вихідний сигнал Ремиконта змінюється на 10% приблизно за 6 с. Витрата повітря при знятті кривої розгону повинен залишатися постійним. Криву розгону знімають до досягнення температурою T нового постійного значення, потім припиняють подачу електроенергії і повітря на установку.

Криву розгону переносять з діаграми приладу 6 в лабораторний журнал. Апроксимуючи об'єкт послідовно з'єднаними ланками запізнювання і апериодичною ланкою 1-го порядку, по кривій розгону визначають числові значення часу запізнювання об'єкта τ , постійної часу $T_{об}$ (див.рис. 8.3). Далі обчислюють відносини $\tau / T_{об}$ і розраховують безрозмірний коефіцієнт передачі об'єкта по рівності

$$k_o = k_{об} k_{ин}$$

де $k_{ин}$ - коефіцієнт передачі вимірювального перетворювача (визначається за даними технічної характеристики).

Програмування параметрів настройки РЕМИКОНТа. Алгоритм регулювання і числові значення параметрів його на будівництва, при яких на досліджуваному об'єкті забезпечується протікання типового перехідного процесу з заданою якістю, визначають в послідовності, викладеній в розділі 8.1. За отриманими даними заповнюють таблицю параметрів настройки РЕМИКОНТ і вводять їх числові значення в пам'ять контролера. Послідовність установки коефіцієнтів з ПО наведена в табл. 1.3. Потім встановлюють обмеження Н1 і Н2 на $u_{вих}$ (Н1 = 0, Н2 = 100%), поріг спрацьовування нуль-органу алгоблока Н3 відповідно до заданого значення $\Delta T_{дон}$, що визначається за рівності (в % /10В)

$$H3 = k_{ин} \Delta T_{дон} 100.$$

Після цього контролюють час циклу T_o , встановлюють в алгоблоці сигнал завдання $u_{здн} = u_{вх.о}$, відповідний заданий значенню температури T_o розраховується по равенству (в % /10В)

$$u_{здн} = k_{ин} T_o 100.$$

На закінчення вихідний сигнал доводять до значення, рівного $u_{вих.о}$, викликають на ЦИ сигнал неузгодженості ε і переводять алгоблок в автоматичний режим роботи.

Зняття перехідних процесів в замкнутій системі. Після подачі повітря і електроенергії експериментальну установку виводять на заданий рівноважний режим, при якому температура повітря на виході підігрівача досягає заданого значення T_0 і неузгодженість ε встановлюється рівним нулю. Для зняття перехідного процесу вентилем 1 (см. Рис. 8.12) енергійно змінюють витрату повітря через підігрівач на величину ΔF_{max} і контролюють його нове значення по ротаметру 2. При цьому буде спостерігатися тимчасове відхилення температури повітря.

Після закінчення перехідного процесу повертають витрату повітря до номінального значення F_0 . Потім переводять алгоблок РЕМИКОНТа в ручний режим роботи натисканням на ПО клавіші «ручн», що сигналізується загорянням ЛІ «ручн», встановлюють нові значення параметрів настройки алгоблоку і, повернувши останній в автоматичний режим роботи, знову наносять на об'єкт обурення ΔF_{max} .

Перехідні процеси знімають при декількох поєднаннях значень параметрів настройки алгоритму регулювання, змінюючи кожен з них по два рази: один раз в сторону збільшення його числового значення, а другий раз у бік зменшення. Встановлені значення параметрів заносять в табл. 1.3.

За експериментальними кривими перехідних процесів знаходять числові значення їх показників якості і також заносять в табл. 1.3. На закінчення проводять порівняльний аналіз впливу параметрів настройки алгоритму регулювання на якість перехідних процесів досліджуваної системи.

Таблиця 1.3. Послідовність установки коефіцієнтів і завдання при програмуванні одноконтурної АСР

№ д.р.	Наименование операции	Положение органов управления	Ламповая индикация
1	Переход в режим установки коэффициентов и выбор коэффициента K_6 (k_n)	КОЭФ []	$K_6(k_n)$ ⊗
2	Установка коэффициента K_6 (k_n)	ЦЗМ [] ↓ Вых ↑ [] []	$K_6(k_n)$ ⊗
3	Выбор коэффициента T_1 (T_n)	↓ ЗДН ↑ [] []	$T_1(T_n)$ ⊗
4	Установка коэффициента T_1 (T_n)	ЦЗМ [] ↓ Вых ↑ [] []	$T_1(T_n)$ ⊗
5	Выбор коэффициента T_2 (T_n)	↓ ЗДН ↑ [] []	$T_2(T_n)$ ⊗
6	Установка коэффициента T_2 (T_n)	ЦЗМ [] ↓ Вых ↑ [] []	$T_2(T_n)$ ⊗
7	Выбор верхнего ограничения H_2	↓ ЗДН ↑ [] []	$H_2(\Gamma)$ ⊗
8	Установка верхнего ограничения H_2	ЦЗМ [] ↓ Вых ↑ [] []	$H_2(\Gamma)$ ⊗
9	Вызов порога пульс-органа H_3	↓ ЗДН ↑ [] []	$H_3(\Gamma)$ ⊗
10	Установка порога пульс-органа H_3	ЦЗМ [] ↓ Вых ↑ [] []	$H_3(\Gamma)$ ⊗
11	Контроль времени цикла	T_0 []	T ⊗
12	Контроль задания	ЗДН []	ЗДН ⊗
13	Изменение задания	↓ ЗДН ↑ [] []	ЗДН ⊗
14	Контроль выходного сигнала	Вых []	Вых ⊗
15	Изменение выходного сигнала	↓ Вых ↑ [] []	Вых ⊗
16	Контроль рассогласования	ε []	ε ⊗
17	Перевод в автоматический режим	авт. []	авт. ⊗

Питання до захисту:

1. Розкажіть про умови проведення дослідження.
2. Як проводити перевірку приладів ?
3. Техніка безпеки під час проведення дослідження.
4. Правила експлуатації алгоблоку.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Перевірити у декількох здобувачів результати виконання поставлених задач, виставити відповідні оцінки. Зазначити перелік задач для самостійної роботи, вказати час і спосіб перевірки результатів самостійної роботи.

Оголосити тему наступного заняття.

4. Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

Основна література:

1. Нальотова Н. І., Білаш Т. О., Дрогомерецька Г. В. Технологічні операції з ПММ : навч. посібник. Кременчук, 2019. 251 с.
2. Аеродромно-технічне забезпечення польотів : конспект лекцій / Білякович О. М. Київ : «НАУ-друк», 2009. 80 с.
3. ICAT Doc.4444. Правила аеронавігаційного обслуговування. URL : https://ips.ligazakon.net/document/view/re37125?an=48&ed=2021_09_20 (дата звернення: 02.07.2023)
4. M. Tim Jones, AI Application Programming. Charles river media, INC. Hirgham, Massachusetts, 2005. URL : <https://www.amazon.com/Application-Programming-Charles-River-Paperback/dp/B011YTC4TU> (дата звернення: 19.07.2023)
5. Fuel Management at Airports, M+F Systems Technology. Gamburg, 2008.
6. COTAS Terminal Automation System, Gamburg, 2009. URL : <https://docplayer.net/38944105-Cotas-terminal-automation-system.html> (дата звернення: 20.08.2023)
7. Fuel Management в Tank Farms and Terminals, M+F Systems Technology. Gamburg, 2008. URL : <https://www.yumpu.com/en/document/view/3106726/fuel-management-in-tank-farms-and-terminals-mess> (дата звернення: 10.07.2023).
8. Refuelling Controller MFX-4. Gamburg, 2009.
9. Громов В. К., Лук'янов Ю. А., Сироїдов Н. Є. Автоматизація процесів авіапаливозабезпечення. Інтелектуальна система. URL : https://www.researchgate.net/publication/360819966_Sucasnij_pidhid_sodo_avtomatizacii_procesiv_prijnatta_risen_po_upravlinnu_vinisuvainou_aviacieu_za_dopomogu_u_vikoristanna_sistemi_cilovih_ustanovok (дата звернення: 11.08.2023).

Допоміжна література:

1. Засоби автоматизації для промислових підприємств та ВПК. Компанія "Фіорд", 2006.
2. Годнєв А. Г., Зоря Є. І., Незмов Д. А. Комерційний облік потоків НП автоматизованими системами : навч. посібник. М., 2008.
3. Industrial Ethernet – найбільш використовувана промислова шина 2003 *Автоматизація в промисловості*. 2004. № 7.
4. Петров І. В. Програмовані контролери. Стандартні мови та прийоми прикладного програмування / за ред. В. П. Дияконова. <https://worda.com.ua/ua/p1785980648-programmiruemye-kontrollery-standartnye.html> (дата звернення: 10.07.2023)
5. Островський Г. М., Волін Ю. М. Технічні системи за умов невизначеності. Аналіз гнучкості та оптимізації. Лабораторія знань. 2008.
6. Системи штучного інтелекту. Лабораторія знань. 2008.
7. М. Тім Джонс. Програмування штучного інтелекту у додатках. 2006. URL : <https://bigl.ua/ua/p1437305464-programmirovaniye-iskusstvennogo-intellekta>

(дата звернення: 16.08.2023)

8. Контролер управління процесом заправки літаків MFX-4. Гамбург, 2008.
9. Управління рухом палива в аеропортах, Системні технології, Гамбург, 2008..

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Офіційний сайт Державної Авіаційної Служби України. URL : <https://avia.gov.ua/> (дата звернення: 15.08.2023)
2. Офіційний сайт аеропорту «Бориспіль» URL : <https://kbp.aero/> (дата звернення: 25.08.2023)
3. Офіційний сайт журналу «Крила» URL : <http://www.wing.com.ua/> (дата звернення: 30.07.2023)