

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ КІБЕРБЕЗПЕКИ, КОМП'ЮТЕРНОЇ ТА ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Литвиненко О.Є.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬО-КВАЛІФІКАЦІЙНОГО РІВНЯ  
«БАКАЛАВР»

Тема: Засіб вимірювання визначальних параметрів авіаційного обладнання

Виконавець: \_\_\_\_\_ Ячнік В.Г.

Керівник: \_\_\_\_\_ к.т.н., доц., Масловський Б.Г.

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_ Тупота Є.В.

Київ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

Литвиненко О. Є.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

на виконання дипломного проекту

Ячніка Володимира Григоровича

---

1. Тема дипломної роботи «Засіб вимірювання визначальних параметрів авіаційного обладнання»

---

затверджена наказом ректора від «21» грудня 2020 р. № 2523/ст.

---

2. Термін виконання проекту: з 11.01.2021 р. по 28.02.2021 р. \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи: Сучасні методи обслуговування авіаційних засобів, засоби первинного перетворення сигналів визначальних параметрів, метрологічні вимоги до аналого-цифрового перетворення сигналів, вимоги до оформлення дипломного проекту.

4. Зміст пояснювальної записки: аналіз методів визначення технічного стану авіаційної техніки, структура каналу вимірювання визначальних параметрів, алгоритм управління каналом вимірювання стенду визначальних параметрів авіаційного обладнання, програмна реалізація роботи та вимірювань

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу:

1) структура засобу вимірювання ВП авіаційного обладнання;

2) функціональна схема засобу вимірювання;

3) загальний алгоритм роботи засобу вимірювання;

4) алгоритм вимірювання визначальних параметрів;

5) екранна форма інтерфейсу програми.

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			

7. Дата видачі завдання: « \_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_ к.т.н., доц., Масловській Б.Г.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Ячнік В.Г.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту «Засіб вимірювання визначальних параметрів авіаційного обладнання»: 48 с., 10 рис., 11 літературних джерел.

МЕТОДИ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ЗАСІБ ВИЗНАЧЕННЯ, ПРОГРАМА УПРАВЛІННЯ.

**Актуальність** – розвиток засобів моніторингу визначальних параметрів (ВП) при експлуатації та обслуговуванні авіаційного обладнання (АО).

**Мета дипломної роботи** – розробка засобу вимірювання визначальних параметрів при випробуванні авіаційного обладнання.

**Об'єкт дослідження** – система обслуговування авіаційної техніки (АТ).

**Предмет дослідження** – алгоритм та програма вимірювання визначальних параметрів при випробуванні авіаційного обладнання.

**Метод дослідження** – моніторинг та збирання визначальних параметрів (ВП) авіаційного обладнання для статичної обробки.

Дипломний проект присвячено тематиці експлуатації авіаційної техніки та отримання та первинної обробці даних про визначальні параметри.

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ .....	1
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ .....	5
ВСТУП.....	6
<b>РОЗДІЛ 1 МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ .....</b>	<b>11</b>
1.1 Методи обслуговування авіаційної техніки .....	11
1.2 Засоби вибору джерела параметрів .....	16
1.3 Аналого-цифрові перетворювачі у системі вимірювання. ....	21
1.4 Управління системою вимірювання визначальних параметрів .....	27
1.5 Висновки до розділу .....	27
<b>РОЗДІЛ 2 ЗАСІБ ВИМІРЮВАННЯ ВИЗНАЧАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ АВІАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ .....</b>	<b>29</b>
2.1 Канал вимірювання визначальних параметрів .....	29
2.2 Структурна схема засобу вимірювання визначальних параметрів.....	30
2.3 Загальна функціональна схема каналу вимірювань. ....	30
2.4 Управління системою та виведення результатів .....	36
2.5 Висновок до розділу .....	37
<b>РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ВИМІРЮВАННЯ ВИЗНАЧАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ.....</b>	<b>38</b>
3.1 Загальний алгоритм роботи каналу вимірювання. ....	38
3.2 Алгоритм вимірювання визначальних параметрів. ....	38
3.3 Програма управління та вимірювання. ....	41
3.4 Висновок до розділу .....	45
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>46</b>
<b>ДОДАТОК.....</b>	<b>49</b>

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ**

АТ– авіаційна техніка

АО – авіаційне обладнання

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ВП – визначальні параметри

КП – код пуску

ПС – повітряні судна

## ВСТУП

Однією з вирішальних умов науково-технічного прогресу є постійне удосконалення продукції, що випускається. Розв'язання цього завдання пов'язано із впровадженням інформаційних технологій. Комплексна автоматизація всіх видів виробництв – один з напрямів розвитку сучасного авіабудування, оскільки з підвищенням гнучкості виробництва вона забезпечує підвищення продуктивності праці, поліпшення якості виробів.

Для використання літальних апаратів за призначенням при забезпеченні високої безпеки і регулярності їх польотів необхідно виконати великий обсяг робіт на землі. Літак повинен пройти процес спеціальної підготовки його до кожного польоту: контроль справності бортових систем, усунення виявлених несправностей, демонтаж і монтаж знімного устаткування і т.д. Саме тому, усі літальні апарати в цілому, а також авіаційне обладнання на їхньому борту зокрема, проходять обов'язків процес випробування.

Випробовування авіаційного обладнання є відповідальним етапом у технологічному ланцюзі його виробництва. Кожен тип обладнання має свою програму випробовувань. Отримувана в процесі випробовувань інформація використовується для сертифікації обладнання, конструктивних доробок, у процесі ремонту і регламентованого обслуговування авіаційного обладнання.

Надзвичайно складне і різноманітне обладнання сучасних літаків призначене для збору і обробки інформації, керування зв'язком і літаком взагалі. Багаторічний досвід розвитку авіації показує, що вдосконалення літальних апаратів супроводжується все більш широким застосуванням модернізованого авіаційного обладнання. Роль такого обладнання надзвичайно велика. Без надійного бортового обладнання неможливо не тільки виконувати бойові задачі, а й літати взагалі.

Інформаційна складова процесу розробки і експлуатації авіаційного обладнання як наукоємних виробів була споконвічно значущою і її значущість безперервно зростає.

У завдання технічного обслуговування і ремонту входить не тільки відновлення об'єктів, що відмовили, але і максимальне скорочення числа самих відмов за рахунок їх своєчасного попередження. Це можливо лише при проведенні профілактичних робіт на авіаційному обладнанні та використанні методів прогнозування його технічного стану.

Ефективність процесу технічної експлуатації АТ значною мірою визначається досконалістю застосовуваних методів технічної експлуатації та стратегій її технічного обслуговування. Це особливо стає помітним і відчутним в сучасних умовах, коли авіаційна техніка ускладнюється і оснащується цифровими обчислювальними машинами, мікропроцесорами, збільшуються обсяги авіаційних перевезень та робіт, виконуваних авіацією в народному господарстві.

Високий рівень розвитку методів і засобів контролю дає змогу не тільки оцінювати працездатність або справність елементів на момент контролю, але й більш глибоко аналізувати їх технічний стан завдяки прогнозуванню їх зміни.

Застосування на практиці науково обґрунтованих методів і засобів діагностування авіаційної техніки забезпечує скорочення часу її простою, зниження витрат коштів і праці на технічне обслуговування. Перспективним методом технічної експлуатації авіаційної техніки є метод експлуатації до передвідмовного стану. Однак виявити передвідмовний стан виробу можливо лише при використанні методів прогнозування. У разі застосування методу технічної експлуатації до передвідмовного стану завдання технічного обслуговування зводиться до управління технічним станом кожного конкретного об'єкта. При цьому здійснюється безперервний або періодичний контроль параметрів, що визначають технічний стан об'єкта. За результатами контролю приймається рішення про продовження експлуатації до моменту наступного



контролю, або про проведення відновних профілактичних робіт, або про заміну об'єкта і відправку його в ремонт.

Для забезпечення умови безвідмовної роботи авіаційного обладнання контроль його параметрів бажано проводити безперервно в процесі польоту. Проте в даний час для багатьох агрегатів і обладнання це здійснити неможливо, тому доводиться обмежуватися тільки контролем працездатності цих виробів у польоті.

Виконувати контроль параметрів авіаційного обладнання в процесі оперативного технічного обслуговування економічно недоцільно, оскільки немає достатньо пристосованих для цих цілей засобів контролю не демонтованого обладнання. Звідси випливає необхідність призначення періодичного контролю параметрів виробів. Для кожного виробу існує своя оптимальна періодичність контролю. Однак з метою забезпечення мінімальних простоїв літальних апаратів на технічному обслуговуванні для всього його обладнання повинні встановлюватися єдині терміни періодичних робіт з контролю параметрів і виконання відповідних відновлювальних робіт (в залежності від результатів контролю, тобто відповідно до фактичного технічного стану авіаційного обладнання).

При використанні методу обслуговування авіаційного обладнання за його фактичним станом стратегія технічного обслуговування буде мати планово-попереджувальний характер. При цьому з'являється можливість планування періодичності та обсягу робіт з технічного діагностування. Попереджувальний характер стратегії забезпечуватиметься регулярним спостереженням за технічним станом об'єкта з метою своєчасного виявлення його передвідмовного стану. Цей стан характеризується тим, що визначає чи наблизився параметр, що контролюється до допустимої межі, а швидкість його зміни така, що за час до моменту чергового контролю імовірність виходу параметра за допустимі межі дуже велика.

Таким чином, перспективні методи технічної експлуатації, а саме методи обслуговування авіаційного обладнання за станом, викликали до життя і нову

технічну проблему – визначення поточного технічного стану авіаційного обладнання і прогнозування його на основі обробки статистичної інформації про визначальні параметри (ВП).

Серед найважливіших проблем експлуатації авіаційної техніки (АТ) особливе місце займає проблема удосконалення процесів технічної експлуатації повітряних суден (ПС) та їх авіаційного і радіоелектронного обладнання (авіоніки) з метою забезпечення високої ефективності їх використання та безпеки польотів. Метод технічної експлуатації – це сукупність правил, що визначають вид граничного стану виробу, після досягнення якого експлуатація виробу призупиняється або припиняється, а також види і склад робіт з технічного обслуговування і ремонту виробу в експлуатації відповідно до встановленого видом граничного стану.

Технічна експлуатація за станом – експлуатація, при якій заміна виробу при всіх видах (формах) технічне обслуговування і ремонт для його відновлення або списання проводиться тільки при відмові виробу або досягненні нею перед відмовного стану.

Значні витрати пов'язані з виконанням як планових, так і непланових ремонтів авіаційної техніки. Проведені розрахунки і зарубіжна практика показують, що лише при впровадженні стратегії технічного обслуговування і ремонту авіаційної техніки за станом можна скоротити витрати на її технічну експлуатацію і ремонт до 30%

Визначальний параметр (ВП) – параметр виробу, самостійно або в сукупності з іншими параметрами характеризує працездатність виробу відповідно до вимог експлуатаційної та ремонтної документації. Діапазон зміни визначального параметра, межі якого встановлюють область перед відмовного стану виробу. Відмова виробу, що не приводить при його одиничному прояві на будь-якому з етапів польоту до наслідків більш важким, ніж ускладнення умов польоту.

При експлуатації авіаційного обладнання необхідна автоматизована система визначення поточного стану обладнання за визначальними параметрами. Для цього проектується засіб вимірювання визначальних параметрів.

**РОЗДІЛ 1**  
**МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ**  
**АВІАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ**

**1.1 Методи обслуговування авіаційної техніки**

Серед найважливіших проблем експлуатації авіаційної техніки (АТ) особливе місце займає проблема удосконалення процесів технічної експлуатації повітряних суден (ПС) та їх авіаційного і радіоелектронного обладнання (авіоніки) з метою забезпечення високої ефективності їх використання та безпеки польотів. Метод технічної експлуатації – це сукупність правил, що визначають вид граничного стану виробу, після досягнення якого експлуатація виробу призупиняється або припиняється, а також види і склад робіт з технічного обслуговування і ремонту виробу в експлуатації відповідно до встановленого виду граничного стану. Повітряні судна цивільної авіації належать до так званих відновлюваних складних машин. Процес експлуатації ПС супроводжується постійною зміною їхнього технічного стану. Необоротні процеси, які відбуваються в матеріалах, змінюють властивості деталей різних агрегатів, умови їхньої роботи. Тому ймовірність їхньої безвідмовної роботи з часом зменшується, з'являються несправності та відмови. Останнім часом зростання кількості комплектуючих елементів ПС в деяких випадках випереджає показники безвідмовності цих елементів, що призводить до збільшення часу й коштів на проведення як поточного ремонту, так і профілактичних заходів.

<i>Кафедра КСУ</i>				<i>НАУ 21 14 24 000 ПЗ</i>			
<i>Виконав</i>	<i>Ячнік В.Г.</i>			<b>МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ</b>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Масловський Б.Г.</i>					11	55
<i>Консульт.</i>					<b>СП-501Бз 123</b>		
<i>Норм. контр.</i>	<i>Тупота С.В.</i>						
<i>Зав. Каф.</i>	<i>Литвиненко О.Є.</i>						

До профілактичних заходів відносяться огляди окремих вузлів, систем і всього ПС в цілому, контроль вихідних параметрів, деякі види ремонту, а також профілактична заміна систем відповідального призначення, які не підлягають ремонту. Комплекс заходів з технічного обслуговування і ремонту ПС умовно можна поділити на дві групи: планові профілактичні роботи (регламентне обслуговування), пов'язані в основному з попередженням відмов і з попередженням відмов і несправностей, і роботи по знаходженню й усуненню несправностей і відмов (поточний ремонт).

Між цими групами робіт може бути різний взаємозв'язок – в залежності від прийнятого критерію оптимальності і методу проведення технічного обслуговування. Але в будь-якому випадку основна вимога, яку ставлять до процесу технічної експлуатації в цілому, полягає в тому, щоб при обмежених витратах праці забезпечити найбільшу ймовірність того, що на протязі певного часу ПС буде справним і виконає поставлене завдання. Проведення регулярних, передбачених регламентом технічного обслуговування, перевірок – обов'язок, насамперед, інженерно-авіаційної служби авіапідприємства. В цьому складному, взаємопов'язаному процесі контролю за технічним станом повітряного судна приймають участь також спеціалісти заводу-виробника, конструкторських бюро (проектувальники машини), науково-дослідних організацій галузі і авіаційної промисловості.

**Технічна експлуатація за станом** – експлуатація, при якій заміна виробу при всіх видах (формах), технічне обслуговування і ремонт для його відновлення або списання проводиться тільки при відмові виробу або досягнення нею перед відмовного стану.

Передвідмовний стан – працездатний стан виробу, при якому його визначальний(і) параметр(и) має(ють) значення, що знаходиться в полі попереджувального допуску, встановленого в експлуатаційній або ремонтній документації, або при якому має місце контрольований відмова допустимого числа елементів, що становлять внутрішній резерв працездатності виробу

Таким чином, льотна придатність постійно підтримується і відновлюється до нормативного рівня з врахуванням накопиченої в процесі експлуатації

інформації. В процесі “трудового життя” всі типи повітряних суден вдосконалюються, модернізуються.

Значні витрати пов’язані з виконанням як планових, так і непланових ремонтів авіаційної техніки. Проведені розрахунки і зарубіжна практика показують, що лише при впровадженні стратегії технічного обслуговування і ремонту авіаційної техніки за станом можна скоротити витрати на її технічну експлуатацію і ремонт до 30%

Всі методи контролю працездатності можна розділити на дві великі групи: фізичні та параметричні.

Фізичні методи прийнято називати методами неруйнівного контролю. Вони засновані на використанні різних фізичних явищ, супутніх працездатним і непрацездатним станам об’єктів. Фізичні методи, в свою чергу, також можуть бути розділені на дві групи. Одна з цих груп методів використовується для контролю деталей об’єктів при їх неробочому стані, а друга - при статичних режимах роботи об’єктів контролю.

У неробочих станах об’єкта фізичні методи контролю забезпечують визначення прихованих механічних пошкоджень і дефектів у деталях (поява прихованих наскрізних і не наскрізних мікротріщин, внутрішніх раковин і сторонніх включень і т. д.). Для цих цілей знайшли широке поширення оптичні, капілярні, магнітні, ультразвукові, радіолокаційні методи.

Фізичні методи для контролю об’єктів в їх робочих станах забезпечують виявлення неприпустимих зносів і пошкоджень в сполучених рухомих деталях механізмів (підшипниках, кривошипних механізмах). До таких методів належать теплові та акустичні, методи статистичної обробки випадкових коливань вихідних параметрів об’єктів контролю.

Параметричні методи контролю працездатності засновані на вимірі та відповідному функціональному перетворенні результатів вимірювань і оцінки вихідних та внутрішніх параметрів об’єктів контролю. Ці методи забезпечують контроль об’єктів у їх неробочих станах, у статичних і динамічних режимах роботи. До параметричних відносяться методи контролю працездатності окремих елементів електричних схем об’єктів - резисторів, реактивних опорів, контактів,

ізоляції і т. п. Як правило, ці елементи контролюються в неробочих станах об'єктів. У статичних і динамічних режимах роботи контролюються відповідно статичні і динамічні характеристики вихідних параметрів об'єктів контролю.

Контроль стану деталей механізмів неруйнівними методами називається дефектоскопічним. Дефектоскопічний контроль в умовах експлуатації авіаційної техніки повинен враховувати такі особливості: поверхні контрольованих деталей мають різні покриття (окисні плівки, фарби, забруднення, нагар і т. д.), механічні пошкодження; зони, в яких виникають експлуатаційні дефекти, як правило, відомі до проведення контролю; перевіряються деталі знаходяться в механізмі і часто важкодоступні; роботи з контролю можуть проводитися в різних погодних і кліматичних умовах і на відкритих стоянках літаків. У зв'язку з цими особливостями технічні засоби дефектоскопії повинні бути універсальними, портативними і малогабаритними, простими і надійними в умовах експлуатації.

Контроль при вимкнених об'єктах дозволяє перевірити працездатність лише окремих елементів їх схем. Багато з цих елементів підлягають індивідуальній перевірці при установці їх в об'єкт замість тих, що відмовили (резистори, конденсатори, індуктивності, напівпровідникові та інші). При цьому, як правило, перевіряють основні паспортні параметри елементів за допомогою звичайної штатної вимірювальної апаратури. Для вимірювання опору резисторів і потенціометрів використовують омметри, опорів контактних переходів - мікрометри, опору ізоляції проводів мережі та електричних пристроїв мегометр.

Для вимірювання індуктивностей і ємностей використовують, як правило, компенсаційні методи, застосовують мостикові схеми з магазинами зразкових індуктивностей і ємностей. Може використовуватися також непрямий метод вимірювання за допомогою схеми, зібраної з ватметра, амперметра і вольтметра [3].

Контроль працездатності окремих електронних приладів проводиться за допомогою спеціальних штатних випробувальних пультів, що забезпечують визначення всіх основних характеристик приладів.

Контроль за статичними характеристиками заснований на тому, що невідповідність кожної з них допустимому діапазону значень в заданих умовах свідчить про непрацездатний стан об'єкта контролю.

Розрізняють контроль працездатності демонтованих з борту агрегатів і механізмів та контроль їх на борту. У першому випадку об'єкти контролюють, як правило, поза бортової системи як окремі агрегати або в системі з лабораторним комплектом, призначеним спеціально для перевірки та налаштування окремих блоків бортової системи. У другому випадку контролюють бортову систему в цілому. При цьому не завжди є можливість або доцільність оцінити працездатність кожного агрегату системи окремо. Глибина контролю працездатності кожного агрегату на борту зазвичай менше, ніж в лабораторних умовах.

Перелік основних контрольованих вихідних параметрів і характеристик викладається нижче за групами авіаційного устаткування.

У лабораторних умовах працездатність електромашинних джерел електроенергії контролюють визначенням зовнішніх (вольт-амперних) і регульовальних характеристик при мінімальній робочій і максимальній частотах обертання для генераторів постійного струму, при номінальній частоті обертання і розрахунковому (мінімальному) значенні навантаження для генераторів змінного струму. Контролюється також і опір ізоляції обмоток машини. При наявності засобів акустичного контролю перевіряє стан підшипників без розбирання машини [3].

Стан підшипників працюючих електричних машин може бути перевірено також шляхом аналізу коливань вихідної напруги (для генератора) і споживаного струму (для електродвигуна). Сутність такого контролю полягає в наступному. Коли в підшипниках машини немає ознак зносу або руйнувань, то відсутнє ковзання їх кульок щодо валу машини, тобто частоти обертання внутрішньої і зовнішньої обойм підшипника однакові. При появі певного зносу робочих доріжок обойм і кульок з'являється радіальний люфт вала в підшипниках. Цей люфт проявляється у випадкових або періодичних змінах повітряного зазору між ротором і статором і, отже, у відповідних змінах магнітного потоку в зазорі. В



результаті з'являються нові складові у випадкових коливаннях вихідного напруги (струму) машини. Методика і засоби аналізу цих параметричних коливань подібні розглянутим вище для випадку акустичних методів контролю [2].

## **1.2 Засоби вибору джерела параметрів**

### **1.2.1. Визначальний параметр**

Параметр виробу, самостійно або в сукупності з іншими параметрами характеризує працездатність виробу відповідно до вимог експлуатаційної та ремонтної документації. Діапазон зміни визначального параметра, межі якого встановлюють область перед відмовного стану виробу. Відмова виробу, що не приводить при його одиничному прояві на будь-якому з етапів польоту до наслідків більш важким, ніж ускладнення умов польоту.

Випереджуючий допуск визначального параметра виробу АТ – встановлені нормативною та (чи) конструкторською документацією на виріб АТ граничні значення визначального параметра, у межах яких виріб АТ має запас працездатності, що забезпечує при періодичному контролі з відновними роботами безвідмовну роботу виробу АТ до чергового контролю його технічного стану, а при безперервному контролі – до можливості виконання відновних робіт.

### **1.2.2. Комутатори для зчитування інформації**

Коли мікропроцесорна система покликана забезпечувати моніторинг стану зовнішніх пристроїв, виникає необхідність в перетворенні сигналів мінливої величини в цифрову форму. Для цього застосовуються аналого-цифрові перетворювачі. Вони, як правило, налаштовані і відкалібровані на певний діапазон вхідних напруг і відповідають метрологічним вимогам. При наявності декількох контрольованих об'єктів виникає необхідність забезпечити почергове підключення вимірюваних ланцюгів до аналого-цифрового перетворювача.

Аналоговий комутатор служить для перемикання, електричних сигналів, що безперервно змінюються. Якщо комутатор знаходиться в стані «включено», то його вихідна напруга повинна, по можливості, точно дорівнювати вхідному; якщо ж комутатор знаходиться в стані «вимкнено», то вихідна напруга повинна бути якомога ближче до нуля або якнайменше залежати від вхідного.

Існують різні схемні рішення комутаторів, що задовольняють вказаним умовам. Їх принцип дії показаний на рис. 1.1 на прикладі механічних (контактних) перемикачів.

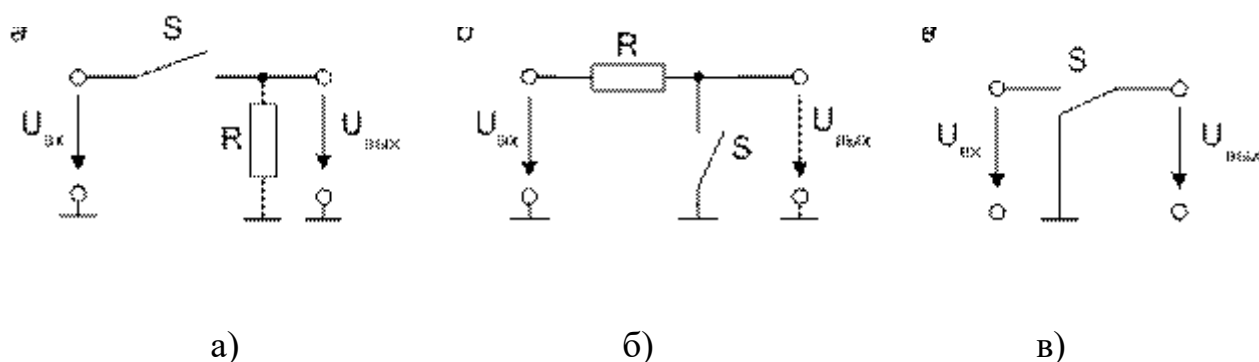


Рис. 1.1 – Схеми комутаторів: а) послідовний комутатор; б) паралельний комутатор; в) послідовно-паралельний комутатор

На рис. 1.1, а представлений послідовний комутатор. Поки контакт замкнутий,  $U_{вих} = U_{вх}$ . Коли контакт розмикається, вихідна напруга стає рівним нулю. Все це справедливо, якщо джерело сигналу має нульове вихідний опір і ємність навантаження дорівнює нулю. При значному вихідному опорі джерела сигналу напруга  $U$  вих ділиться між цим опором і резистором  $R$ . Тому цю схему не слід застосовувати в разі, якщо джерелом сигналу є джерело струму, наприклад фотодіод. При істотній ємності навантаження, під час розряду цієї ємності для розмикання ключа  $S$ , вихідна напруга комутатора знижується до нуля досить довго.

У схемі паралельного комутатора (рис. 1.1, б)  $U_{вих} = U_{вх}$  при розімкнутому ключі, якщо вхідний опір навантаження комутатора нескінченно велике. Якщо ж воно порівнянно з опором резистора  $R$ , то на резисторі падатиме частина

вихідної напруги джерела сигналу. При наявності ємнісний навантаження буде відносно повільно встановлюватися вихідна напруга після розмикання ключа.

Послідовно-паралельний комутатор (рис. 1.1, в) не має недоліків двох попередніх схем. У будь-якому робочому стані він має вихідний опір, близький до нуля.

Різновиди аналогових комутаторів можуть бути реалізовані на електронних елементах з керованим опором, які мають мале мінімальне і високе максимальне значення. Для цих цілей можуть використовуватися діодні мости, біполярні і польові транзистори. В силу своєї неідеальної вони вносять похибки в оброблювані сигнали. Джерелами похибок електронних аналогових комутаторів є:

- нульове прохідне опір електронного ключа у включеному стані і кінцева його величина в вимкненому;
- залишкове падіння напруги на замкнутому ключі, тобто наявність напруги на ключі при відсутності через нього струму;
- нелінійна залежність опору ключа від напруги (струму) на інформаційному і керуючому входах;
- взаємодія керуючого і комутованого сигналів;
- обмежений динамічний діапазон (по амплітуді і по знаку) комутованих струмів і напруг.

Ключі на біполярних транзисторах, і особливо на доданих мостах, споживають значну потужність по ланцюгах управління і мають порівняно велику залишкову напругу, що становить одиниці мілівольт, що вносить помітну погрішність при комутації слабких сигналів (менше 100 мВ). Такі ключі мають високу швидкодію (час перемикання діодних ключів, виконаних на діодах Шотки, досягає 1 нс) і застосовуються для побудови надшвидкісних комутаторів. Більш широке застосування знайшли комутатори на польових транзисторах.

Ефективним застосуванням ключів на польових транзисторах є використання їх в мультиплексорах - схемах, які дозволяють вибрати один з декількох входів за вказівкою керівника цифрового сигналу. Такі пристрої входять до складу систем збору даних мікропроцесорних регуляторів промислових і транспортних об'єктів. Аналоговий сигнал з обраного входу буде прямо проходити на вихід.

Кожен з ключів являє собою аналоговий КМОП(комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник)-ключ. Дешифратор декодує адреса, представлений в двійковому коді і включає тільки адресований ключ, блокуючи інші. Вхід дозволу необхідний для нарощування числа комутованих джерел сигналів; якщо на цей вхід надходить сигнал низького рівня, то, незалежно від стану адресних входів, всі ключі мультиплектора розімкнуті. Так як аналогові ключі є двонаправленими пристроями, то аналоговий мультиплексор є одночасно і «Демультиплексор», тобто сигнал може бути поданий на вхід мультиплектора і знятий з обраного виходу.

Для дистанційного перемикання стендового обладнання та обчислювальних пристроїв використовуються промислові релейні комутатори, які забезпечують великі комутовані напруги і струми.

### 1.2.3. Аналогові ключі та мультиплексори *VISHAY*

Основним ключовим елементом цих пристроїв є МДП (метал-діелектрик-напівпровідник)-транзистор (*MOSFET*). Завдяки низькому опору в замкнутому стані, високому опору в режимі відсічення, низьким струмів витоку і малим паразитних ємностей, МДП-транзистори з успіхом використовуються в якості аналогових ключів, керованих напругою.

У портативних пристроях аналогові перемикачі використовуються для комутації вхідних і вихідних сигналів. За допомогою аналогового мультиплектора можна з одноканального АЦП зробити багатоканальний. Два аналогових мультиплектора, наприклад, *DG408* дозволяють створити підсилювач з керованим коефіцієнтом передачі і декількома входами для комутації сигналів з декількох джерел сигналу, наприклад, датчиків.

Аналоговий комутатор з ідеальними характеристиками повинен вести себе як вимикач або перемикач, тобто передавати сигнал в навантаження без втрат і нелінійних спотворень в широкій смузі частот. Забезпечити близькі до ідеальних передавальні характеристики у аналогових ключів непросто. Одиночний *N*-канальний або *P*-канальний МДП-транзистори можуть використовуватися в

якості аналогового ключа, однак опір одиночних транзисторів у включеному стані  $R_{on}$  буде сильно залежати від величини комутованого сигналу. Опір  $R_{on}$  можна істотно зменшити, якщо включити комплементарні польові транзистори паралельно і управляти ними парафазними сигналами зі входу і виходу інвертора, що забезпечує практично одночасне вмикання та вимикання цих ключів.

Спотворення при передачі сигналу в аналогових ключах визначаються наступними факторами:

- нульове опір ключа у включеному стані і його кінцеве значення в вимкненому режимі;
- нелінійна залежність опору ключа від напружень на керуючому і інформаційному входах;
- обмеження по амплітуді і полярності комутованого сигналу на вході;
- взаємозв'язок між комутованих і керуючим сигналом (свій внесок в це вносять паразитні ємності і струми витоку).

Динамічні похибки аналогових ключів виникають через затримку сигналів управління, що проходять через кілька каскадів. Цей фактор особливо важливий в мультиплексорах, так як не можна допустити включення каналу поки не вимкнений попередній. Тому в багатоканальних аналогових комутаторах схемними методами забезпечують гарантовану затримку для неможливості одночасного включення двох або більше каналів. При перемиканні аналогового комутатора сигнал управління через паразитні ємності ключа інжектують деякий заряд (charge injection) в провідний канал ключа. Це призводить до викривлення сигналу при передачі сигналу через ключ, що особливо відчутно для високочастотного спектра вхідного сигналу. Величину інжектуючого заряду для кожного аналогового ключа виробники обов'язково вказують у своїй документації.

Найбільшою популярністю у розробників користуються поодинокі аналогові мультиплексори 8: 1 і здвоєні мультиплексори 4: 1. Серед аналогових ключів найбільш затребувані конфігурації  $SPST \times 4$ ,  $NO$  (зчетверені нормально

розімкнуті), зчетверені нормально замкнуті  $SPSTx4$ ,  $NC$ , одиночні і здвоєні перемикачі  $SPDTx1$  і  $SPDTx2$ .

Серія мультиплексорів  $DG94xx$  характеризується високою точністю передавальної характеристики при низькому опорі у включеному стані (від 2 до 4 Ом). Ключі цієї серії оптимізовані для роботи від напруги  $\pm 5$  В, але завдяки вбудованим перетворювачів рівнів можуть працювати і від живлення однієї полярності з керуванням від низьковольтної логіки.

### 1.3 Аналого-цифрові перетворювачі у системі вимірювання.

Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) є пристроями, які приймають вхідні аналогові сигнали і генерують відповідні їм цифрові сигнали, придатні для обробки мікропроцесорами та іншими цифровими пристроями.

Процедура аналого-цифрового перетворення безперервних сигналів, яку реалізують за допомогою АЦП, являє собою перетворення неперервної функції часу  $U(t)$ , яка описує вихідний сигнал, в послідовність чисел  $\{U'(t_j)\}, j = 0, 1, 2, \dots$ , віднесених до деяких фіксованих моментів часу. Цю процедуру можна розділити на дві самостійні операції. Перша з них називається дискретизацією і полягає в перетворенні безперервної функції часу  $U(t)$  в безперервну послідовність  $\{U(t_j)\}$ . Друга називається квантуванням і полягає в перетворенні безперервної послідовності в дискретну  $\{U'(t_j)\}$

В даний час відомо велика кількість методів перетворення напруга-код. Ці методи істотно відрізняються один від одного потенційною точністю, швидкістю перетворення і складністю апаратної реалізації. В основу класифікації АЦП покладено ознака, що вказує на те, як у часі розгортається процес перетворення аналогової величини в цифрову. В основі перетворення вибіркового значень сигналу в цифрові еквіваленти лежать операції квантування і кодування. Вони можуть здійснюватися за допомогою або послідовною, або паралельною, або послідовно-паралельною процедур наближення цифрового еквіваленту до перетворюваної величиною.

Паралельні АЦП реалізовані за допомогою трьох двійкових розрядів можна представити вісім різних чисел, включаючи нуль. Необхідно, отже, сім компараторів. Сім відповідних еквідистантних опорних напруг утворюються за допомогою резистивного дільника.

Якщо прикладене вхідна напруга не виходить за межі діапазону від  $5/2 h$ , до  $7/2 h$ , де  $h = U_{\text{оп}} / 7$  - квант вхідної напруги, що відповідає одиниці молодшого розряду АЦП, то компаратори з 1-го по 3-й встановлюються в стан 1, а компаратори з 4-го по 7-й - в стан 0. Перетворення цієї групи кодів у тризначне двійкове число виконує логічний пристрій, зване пріоритетним шифратором

Підключення пріоритетного шифратора безпосередньо до виходу АЦП може привести до помилкового результату при зчитуванні вихідного коду. Розглянемо, наприклад перехід від трьох до чотирьох, або в двійковому коді від 011 до 100. Якщо старший розряд внаслідок меншого часу затримки змінить свій стан раніше інших розрядів, то тимчасово на виході виникне число 111, тобто сім. Величина помилки в цьому випадку складе половину вимірюваного діапазону.

Так як результати АЦ-перетворення записуються, як правило, в запам'ятовуючий пристрій, існує ймовірність отримати повністю невірну величину. Вирішити цю проблему можна, наприклад, за допомогою пристрою вибірки-зберігання (ПВЗ). Деякі інтегральні мікросхеми (ІМС) паралельних АЦП, наприклад МАХ100, забезпечуються надшвидкісними ПВЗ, що мають час вибірки порядку 0,1 нс. Інший шлях полягає у використанні коду Грея, характерною особливістю якого є зміна лише однієї кодової позиції при переході від одного кодового значення до іншого. Нарешті, в деяких АЦП (наприклад, МАХ1151) для зниження ймовірності збоїв при паралельному АЦ-перетворення використовується двотактний цикл, коли спочатку стану виходів компараторів фіксуються, а потім, після встановлення стану пріоритетного шифратора, подачею активного фронту на синхро-вхід вихідного регістра в нього записують вихідний слово АЦП.

Послідовно-паралельні АЦП є компромісом між прагненням отримати високу швидкодію і бажанням зробити це по можливості меншою ціною.

Послідовно-паралельні АЦП займають проміжне положення по роздільній здатності і швидкодії між паралельними АЦП і АЦП послідовного наближення. Послідовно-паралельні АЦП підрозділяють на багатоступінчасті, багатотактні і конвеєрні. У багатоступеневому АЦП процес перетворення вхідного сигналу розділений у просторі.

Верхній за схемою АЦП здійснює грубе перетворення сигналу в чотири старших розряду вихідного коду. Цифрові сигнали з виходу АЦП надходять на вихідний регістр і одночасно на вхід 4-розрядного швидкодіючого ЦАП. У багатьох ІМС багатоступеневих АЦП (AD9042, AD9070 та інші) цей ЦАП виконаний за схемою підсумовування струмів на диференційних перемикачах, але деякі (AD775, AD9040A та інші) містять ЦАП з підсумовуванням напруг. Залишок від віднімання вихідної напруги ЦАП з вхідного напруги схеми надходить на вхід АЦП2, опорне напруга якого в 16 разів менше, ніж у АЦП1. Як наслідок, квант АЦП2 в 16 разів менше кванта АЦП1. Цей залишок, перетворений АЦП2 в цифрову форму являє собою чотири молодших розряду вихідного коду. Різниця між АЦП1 і АЦП2 полягає насамперед у вимозі до точності: у АЦП1 точність повинна бути такою ж як у 8-розрядного перетворювача, в той час як АЦП2 може мати точність 4-розрядного.

Грубо наближена і точна величини повинні, природно, відповідати одному і тому ж вхідній напрузі  $U_{\text{вх}}(t_j)$ . Через наявність затримки сигналу в першій ступені виникає, однак, тимчасове запізнювання. Тому при використанні цього способу вхідна напруга необхідно підтримувати постійним за допомогою пристрою вибірки-зберігання до тих пір, поки не буде отримано всі число.

Конвеєрні АЦП, швидкодія багатоступеневого АЦП можна підвищити, застосувавши конвеєрний принцип багатоступеневої обробки вхідного сигналу. У звичайному багатоступеневому АЦП спочатку відбувається формування старших розрядів вихідного слова перетворювачем АЦП1, а потім йде період встановлення вихідного сигналу ЦАП. На цьому інтервалі АЦП2 простоює. На другому етапі під час перетворення залишку перетворювачем АЦП2 простоює АЦП1. Ввівши елементи затримки аналогового і цифрового сигналів між ступенями перетворювача, одержимо конвеєрний АЦП.



Роль аналогового елемента затримки виконує пристрій вибірки-зберігання УВХ2, а цифрового - чотири *D*-тригера. Тригери затримують передачу старшого полубайта у вихідний регістр на один період тактового сигналу *CLK*.

Сигнали вибірки, що формуються з тактового сигналу, надходять на УВХ1 і УВХ2 в різні моменти часу. УВХ2 переводиться в режим зберігання пізніше, ніж УВХ1 на час, рівний сумарної затримки поширення сигналу по АЦП1 і ЦАП. Задній фронт тактового сигналу управляє записом кодів в *D*-тригери і вихідний регістр. Повна обробка вхідного сигналу займає близько двох періодів *CLK*, але частота появи нових значень вихідного коду дорівнює частоті тактового сигналу.

### 1.3.1 AD677 Аналого-цифровий перетворювач виробництва *Analog Devices*

*Analog Devices* розробляє, виготовляє і продає сучасні, високоякісні електронні компоненти і підсистеми для застосування у розроблених і вже використовуваних аналогових пристроях. Понад 1300 стандартизованих виробів *Analog Devices* проводиться на підприємствах компанії, розташованих по всьому світу. При виробництві компанія використовує найсучасніші на сьогоднішній день технології в області виробництва мікросхем, в тому числі: комплементарно біполярну, стандартно біполярну, *Submicron CMOS*, *BiMOS*.

Будучи світовим лідером у виробництві перетворювачів даних, фірма *Analog Devices* розробила нову архітектуру системи, яка містить аналого-цифрові перетворювачі які дозволяють створити видатні по продуктивності і функціональності комбінації. Маючи повний спектр пристроїв від 6, 8- і 10-бітних АЦП аж до 28-бітних, аналого-цифрові перетворювачі фірми *Analog Devices* не мають собі рівних в здатності забезпечити малі розміри і споживання, а також низьку вартість, що вимагають сучасні технічні системними.

Обраний мною *AD677* :

*AD677* - це багатоцільовий 16-розрядний АЦП із послідовним виходом, виконаний за схемою з конденсаторами, що переключаються, і перерозподілом

заряду, з частотою перетворень 100 к *SPS* (повний час перетворення 10 мкс). Характеристики АЦП істотно поліпшені цифровим коректуванням внутрішніх нелінійностей за допомогою власної автокалібровки.

Схема *AD677* розміщена на двох монолітних кристалах - цифровому керуючому (*D*), виготовленому за фірмовою технологією *BiMoS II*. Обидва кристали встановлені в одному корпусі.

У специфікаціях *AD677* задані параметри для перемінного сигналу, такі як відношення сигнал \ (шум + перекручування) -  $S \backslash (N+D)$ , сумарний коефіцієнт гармонік (*TND*), інtermодуляційні перекручування (*IMD*), важливі для вимірювальних схем.

*AD677* працює від джерел живлення +5В і +/-12В, типова споживана потужність при перетворенні складає 450мвт, при використанні опорної напруги +10В (360мвт для опорної напруги +5В). Живлення цифрової частини ІС ( $V_{DD}$ ) відділено від живлення аналогової частини ( $V_{cc}, V_{ee}$ ) для зменшення наведень від цифрових сигналів. Передбачено вхід аналогової “чистої землі” (*AGND SENSE*), через який у ІС передається потенціал землі (вилученого) джерела сигналу. Це може бути корисним, якщо сигнал повинний пройти деяку відстань до АЦП. Також передбачені роздільні аналогова і цифрова землі.

АЦП *AD677* поставляється в 16-вивідному вузькому пластмасовому корпусі типу *DIP*, 16-вивідному вузькому склокерамічному, пропаяному з боків корпусі типу *DIP* чи 28-вивідному корпусі *SOIC*.

Робочий діапазон чи температур 0...+70 °С (комерційний діапазон) чи -40...+85 °С (промисловий).

Автокалібровка забезпечує високі характеристики за постійним сигналом, при цьому користувачу не потрібно виконувати будь-які зовнішні схеми. Вхідний діапазон від +/-5 В до +/- 10 В (+/- $V_{REF}$ ). Корпус: 16- вивідний *DIP* чи 28-вивідний *SOIC*. Послідовний інтерфейс, з'єднується легко зі стандартними інтерфейсами *DSP* - процесорів. ТТЛ - сумісні входи/виходи. Відмінні динамічні характеристики: сумарний коефіцієнт гармонік (*THD*) -99 дб, відношення сигнал/(шум + перекручування) 92 дб, піковий паразитний компонент - 101 дб.

Кращі характеристики по постійному сигналі серед що випускаються АЦП: нелінійність 1.0 МЗР, погрішність на кінці шкали і зсув +/- 1 МЗР.

*AD677* - це багатоцільовий 16-розрядний АЦП, що має схеми, що реалізують функції вибору-збереження вхідного сигналу, вхід “чистої землі” і автокалібровку. Ці функції розділені між двома кристалами - аналоговим процесором сигналів (*A*) і цифровим (*D*) контролером. Обидва кристали розміщені в одному корпусі *AD677*.

Для визначення величини аналогової вхідної напруги *AD677* використовує метод послідовних наближень. Однак, у внутрішньому ЦАП, замість традиційній резистивному ланцюжку, відкаліброваної за допомогою лазера, це ІС використовує метод перерозподілу зарядів у масиві конденсаторів. Двійково-зважені конденсатори поділяють вхідний відлік і тим самим виконують фактичне аналого-цифрове перетворення. Застосування масиву конденсаторів усуває зміна лінійності АЦП, викликане непогодженістю опорів резисторів унаслідок змін температури. Тому що для виконання перетворення використовується масив ємностей, то функція вибрання-збереження виконується природним образом, немає необхідності підключати додаткові зовнішні схеми. Початкові погрішності неузгодженості ємностей усуваються внутрішньою схемою автокалібровки *AD677*. Ця схема використовує розташовані на кристалі мікроконтролер і калібрований ЦАП для виміру і компенсації погрішностей неузгодженості ємностей. У міру того, як визначається значення кожної погрішності, воно записується у внутрішню пам'ять (ОЗУ). При наступних перетвореннях ці значення з ОЗУ використовуються для поліпшення точності перетворення.

Програма автокалібровки може бути викликана в будь-який момент. Автокалібровка забезпечує високу якість АЦП і усуває необхідність яких-небудь підстроювань з боку користувача, вона докладно описана нижче. Мікроконтролер керує усіма внутрішніми схемами *AD677*. Він керує власне алгоритмом послідовних наближень, програмою автокалібровки, операцією вибрання-збереження і внутрішнім вихідним регістром даних.

## **1.4 Управління системою вимірювання визначальних параметрів**

### **1.4.1 Мікроконтролер *PIC18F4550***

Високопродуктивне сімейство 8-бітних мікроконтролерів *PIC18F* представлено широкою гамою мікроконтролерів, що включають великий набір периферійних модулів: компаратори, ШІМ, захоплення / порівняння, драйвер *PKI*; інтерфейси зв'язку *USB, CAN, I<sup>2</sup>C, SPI, USART, Ethernet* і т. д.

- швидкодії до 16 *MIPS*
- обсяг пам'яті програм до 128 кБ
- корпусу від 18 до 100 висновків.
- *NanoWatt* технології
- вбудований програмований генератор
- просунута архітектура (16-і розрядні слова програм)
- гнучкість само програмування
- підтримка широко поширених протоколів зв'язку (*CAN, USB, ZigBee, TCP / IP*)

Програмна сумісність і сумісність за висновками і периферійним модулям всередині сімейства, а також зі старшими (16-бітними) сімействами, надають можливість розширення та збільшення функціональності при розвитку розробок.

## **1.5 Висновки до розділу**

Актуальність теми дипломного проекту заключається в тому, що при експлуатації авіаційного обладнання необхідна автоматизована система визначення поточного стану обладнання за визначальними параметрами. Для цього проектується засіб для вимірювання визначальних параметрів. Для реалізації цієї теми проведено аналіз методів та засобів вимірювання визначальних параметрів.

Для подальшої розробки теми дипломного проекту необхідно зробити наступне:

1. Створити загальну структурну схему засобу;
2. Створити функціональну схему каналу вимірювань засобу;
3. Розробити загальний алгоритм роботи засобу
4. Розробити алгоритм вимірювання визначальних параметрів;
5. Розробити програму, що реалізує створені алгоритми.
6. Провести перевірку працездатності розробленої програми.

**РОЗДІЛ 2**  
**ЗАСІБ ВИМІРЮВАННЯ ВИЗНАЧАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ**  
**АВІАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ**

**2.1 Канал вимірювання визначальних параметрів**

Оцінка поточного стану точнісних характеристик за визначальними параметрами проводиться із застосуванням декількох методів статистичної обробки та перевірки гіпотез про появу тренда направленості для кожного статистичного параметра.

Для визначення характеру зміни значень середньоквадратичних відхилень параметрів проводиться перевірка гіпотез із залученням таких методів:

- перевірки належності вибірових значень дисперсії до ряду генеральної сукупності із залученням критерію Кочрена;
- інверсій для виявлення наявності та направленості тренда;
- перевірки гіпотез про знаходження отриманих значень середньоквадратичних відхилень у допустимих межах.

Для визначення характеру зміни значень математичного сподівання за підвибірками – таких методів:

- інверсій для виявлення наявності та направленості тренда;
- перевірки поводження ряду вибірових середніх за критерієм Фішера;
- перевірки гіпотез про знаходження отриманих значень у допустимих межах.

<i>Кафедра КСУ</i>				<i>НАУ 21 14 24 000 ПЗ</i>			
<i>Виконав</i>	<i>Ячнік В.Г.</i>			<b>ЗАСІБ ВИМІРЮВАННЯ ВИЗНАЧАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ АВІАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ</b>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Масловський Б.Г.</i>					29	55
<i>Консульт.</i>					<b>СП-501Бз 123</b>		
<i>Норм. контр.</i>	<i>Тупота С.В.</i>						
<i>Зав. Каф.</i>	<i>Литвиненко О.Є.</i>						

## 2.2 Структурна схема засобу вимірювання визначальних параметрів.

Розроблена мною структурна схема засобу вимірювання визначальних параметрів відображена на рис.2.1.

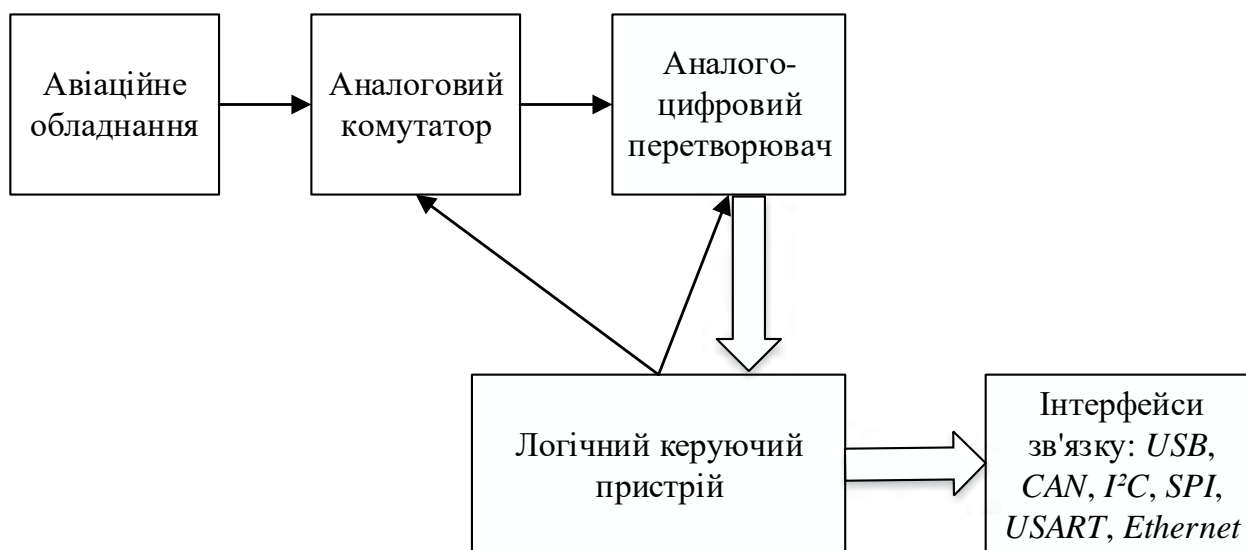


Рис.2.1. Структурна схема засобу вимірювання визначальних параметрів.

Структурна схема засобу вимірювання визначальних параметрів описує структуру та взаємозв'язок елементів. Засіб передає отримані визначальні параметри з авіаційного обладнання, логічний керуючий пристрій подає команду «Пуск» аналоговому комутаторові, що приймає 8 каналів аналогового сигналу і по черзі передає його на вхід у АЦП, що обробляє його та передає на логічний керуючий пристрій, що є водночас і пристроєм виводу. Цей цикл повторюється, поки не обробляться всі отримані сигнали і логічний керуючий пристрій подасть на комутатор та АЦП команду «Стоп».

## 2.3 Загальна функціональна схема каналу вимірювань.

Розроблена мною функціональна схема відображена на рис.2.2.

Загальний опис:

1) Комутатор аналогових сигналів:

– Мультиплексор *DG408*

- Аналогові ключі *SPSTx4*
- 2) 8-розрядний мікроконтролер *PIC18F4550*:
- Керуючий пристрій
  - Пристрій виводу
- 3) 16-розрядний аналого-цифровий перетворювач *AD677*

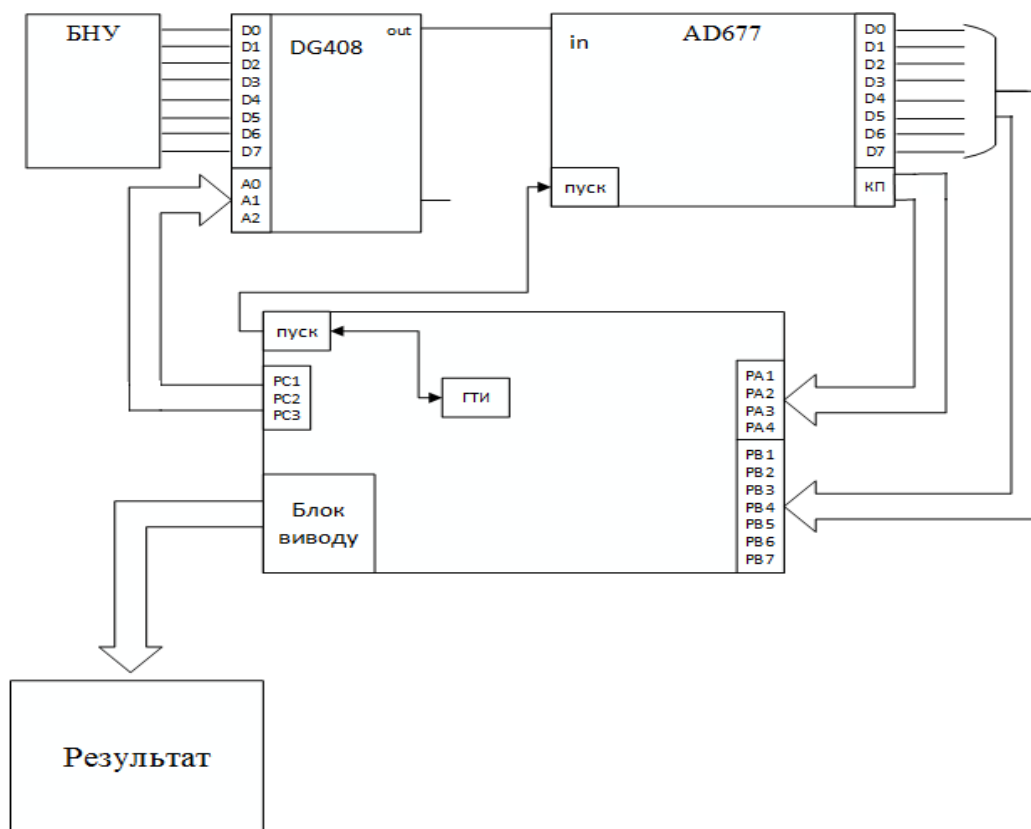


Рис.2.2. Функціональна схема каналу вимірювання визначальних параметрів.

Так як використовуємо 16-розрядний АЦП, а мікроконтролер 8-розрядний, тому передача відбуватиметься 2 байтами на 8 розрядів.

### 2.3.1. Мультиплексор *DG408*.

Для розробки мого диплому я вибрав аналоговий мультиплексор *DG408*, компанії *VISHAY*. Це 8 канальний мультиплексор, який має дуже продуктивні характеристики:

- мінімальна напруга при однополярному живленні –13 (В);



- максимальна напруга при однополярному живленні – 36 (В);
- мінімальна напруга при двополярному живленні –  $\pm 7$  (В);
- максимальна напруга при однополярному живленні –  $\pm 22$ (В);
- $R_{on}$ , (Ом) (опір при включеному стані) при напрузі, (В) – 100 /  $\pm 15$ ;
- $S(OFF)$  = струм витоку при 25 ° С – 0,5 нА;
- інжектуємий заряд – 20 пКл;
- перехресні перешкоди між каналами на частоті 1 МГц, дБ – -40.

Серія мультиплексорів *DG94xx* характеризується високою точністю передавальної характеристики при низькому опорі у включеному стані (від 2 до 4 Ом). Ключі цієї серії оптимізовані для роботи від напруги  $\pm 5$  В, але завдяки вбудованим перетворювачів рівнів можуть працювати і від харчування однієї полярності з керуванням від низьковольтної логіки.

### 2.3.2 Аналогові ключі *SPSTx4*

Аналоговий ключ *SPSTx4, NO (Normally Open* - нормально розімкнуті), версії *DG412*, що повністю підходить по характеристикам мультиплексору *DG408*. Сполучення таких ключів з *DG408* дозволяє зменшити погрішності, обумовлені спаданням напруги на опорі відкритого ключа.

### 2.3.3. *AD677* Аналого-цифровий перетворювач виробництва *Analog Devices*

*AD677* - це багатоцільовий 16-розрядний АЦП із послідовним виходом, виконаний за схемою з конденсаторами, що переключаються, і перерозподілом заряду, з частотою перетворень 100 к *SPS* (повний час перетворення 10 мкс). Функціональна схема АЦП *AD677* зображена на Рис.2.3. Характеристики АЦП істотно поліпшені цифровим коректуванням внутрішніх нелінійностей за

допомогою власної автокалібровки. Схема *AD677* розміщена на двох монолітних кристалах - цифровому керуючому (*D*), виготовленому за фірмовою технологією *ВімоS II*. Обидва кристали встановлені в одному корпусі.

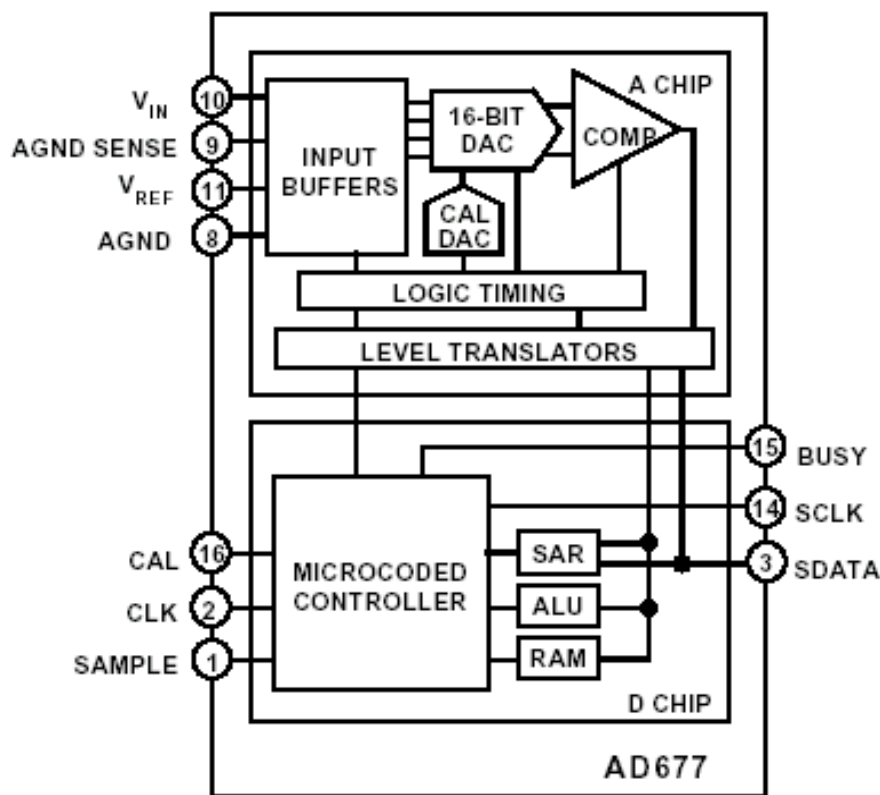


Рис.2.3. Функціональна схема АЦП *AD677*

У специфікаціях *AD677* задані параметри для перемінного сигналу, такі як відношення сигнал \(\text{шум} + \text{перекручування}\) -  $S \backslash (N+D)$ , сумарний коефіцієнт гармонік ( $TND$ ), інтєрмодуляційні перекручування ( $IMD$ ), важливі для вимірювальних схем.

*AD677* працює від джерел живлення  $+5V$  і  $\pm 12V$ , типова споживана потужність при перетворенні складає  $450\text{мВт}$ , при використанні опорної напруги  $+10V$  ( $360\text{мВт}$  для опорної напруги  $+5V$ ). Живлення цифрової частини ІС ( $V_{DD}$ ) відділено від живлення аналогової частини ( $V_{CC}, V_{EE}$ ) для зменшення наведень від цифрових сигналів. Передбачено вхід аналогової “чистої землі” ( $AGND SENSE$ ), через який у ІС передається потенціал землі (вилученого) джерела сигналу. Це може бути корисним, якщо сигнал повинний пройти деяку відстань до АЦП. Також передбачені роздільні аналогова і цифрова землі.

АЦП *AD677* поставляється в 16-вивідному вузькому пластмасовому корпусі типу *DIP*, 16-вивідному вузькому склокерамічному, пропаяному з боків корпусі типу *DIP* чи 28-вивідному корпусі *SOIC*.

Робочий діапазон чи температур  $0...+70$  °C (комерційний діапазон) чи  $40...+85$  °C (промисловий).

Автокалібровка забезпечує високі характеристики за постійним сигналом, при цьому користувачу не потрібно виконувати будь-які зовнішні схеми. Вхідний діапазон від  $\pm 5$  В до  $\pm 10$  В ( $\pm V_{REF}$ ). Корпус: 16- вивідний *DIP* чи 28-вивідний *SOIC*. Послідовний інтерфейс, з'єднується легко зі стандартними інтерфейсами *DSP* - процесорів. TTL - сумісні входи/виходи. Відмінні динамічні характеристики: сумарний коефіцієнт гармонік (*THD*) -99 дБ, відношення сигнал/(шум + перекручування) 92 дБ, піковий паразитний компонент - 101 дБ. Кращі характеристики по постійному сигналі серед що випускаються АЦП: нелінійність 1.0 МЗР, погрішність на кінці шкали і зсув  $\pm 1$  МЗР.

*AD677* - це багатоцільовий 16-розрядний АЦП, що має схеми, що реалізують функції вибору-збереження вхідного сигналу, вхід "чистої землі" і автокалібровку. Ці функції розділені між двома кристалами - аналоговим процесором сигналів (*A*) і цифровим (*D*) контролером. Обидва кристали розміщені в одному корпусі *AD677*.

Для визначення величини аналогової вхідної напруги *AD677* використовує метод послідовних наближень. Однак, у внутрішньому ЦАП, замість традиційній резистивному ланцюжку, відкаліброваної за допомогою лазера, це ІС використовує метод перерозподілу зарядів у масиві конденсаторів. Двійково-зважені конденсатори поділяють вхідний відлік і тим самим виконують фактичне аналого-цифрове перетворення. Застосування масиву конденсаторів усуває зміна лінійності АЦП, викликане непогодженістю опорів резисторів унаслідок змін температури. Тому що для виконання перетворення використовується масив ємностей, то функція вибрання-збереження виконується природним образом, немає необхідності підключати додаткові зовнішні схеми. Початкові погрішності неузгодженості ємностей усуваються внутрішньою схемою автокалібровки *AD677*. Ця схема використовує розташовані на кристалі мікроконтролер і

калібрований ЦАП для виміру і компенсації погрішностей неузгодженості ємностей. У міру того, як визначається значення кожної погрішності, воно записується у внутрішню пам'ять (ОЗУ). При наступних перетвореннях ці значення з ОЗУ використовуються для поліпшення точності перетворення.

Програма автокалібровки може бути викликана в будь-який момент. Автокалібровка забезпечує високу якість АЦП і усуває необхідність яких-небудь підстроювань з боку користувача, вона докладно описана нижче. Мікроконтролер керує усіма внутрішніми схемами AD677. Він керує власне алгоритмом послідовних наближень, програмою автокалібровки, операцією вибрання-збереження і внутрішнім вихідним регістром даних.

Управління перетворенням AD677 керується двома сигналами: *SAMPLE* і *CLK*. Передбачається, що система вже була відкалібрована, і що цифрові входи\виходи мають рівні, показники на початку часових діаграм.

Перетворення складається з прийому вхідного сигналу, за яким впливають 17 тактових імпульсів, що виконують процедуру 16- розрядного послідовного наближення. Аналоговий вхідний сигнал приймається шляхом установки на вході *SAMPLE* логічної 1 протягом мінімального часу вибірки  $t$ . Фактичним значенням вибірки буде напруга на вході  $v_{in}$  через час однієї апертурної затримки після переходу *SAMPLE* у 0, за умови, що попереднє перетворення вже завершилося (на що вказує перехід *BUSY* у 0). У застосуваннях, зв'язаних з перемінними сигналами, варто подбати про те, щоб цей спадаючий фронт був чітко визначеним і не було його тремтіння, щоб зменшити невизначеність (шум) при прийомі сигналу. Коли *SAMPLE* переходить у 0, починається перетворення в AD677 - вхід  $V_{in}$  від'єднується від внутрішнього масиву конденсаторів, *BUSY* переходить у 1, і вхід *SAMPLE* буде ігноруватися доти, поки перетворення не завершиться (коли *BUSY* перейде в 0). На *SAMPLE* повинний утримуватися низький рівень протягом як мінімум інтервалу  $t_{SL}$ . Через інтервал часу  $t_{fed}$  після переключення *SAMPLE* у 0 подаються 17 тактових імпульсів *CLK*; імпульси *CLK*, що починаються до цього моменту ігноруються. Через час  $t_{SB}$  після переходу *SAMPLE* у 0 на виході *BUSY* установлюється 1, що означає виконання перетворення, високий рівень на *BUSY* залишається доти, поки

перетворення не завершиться. Як показано на мал. 6.2, вихідні дані в двійковому додатковому коді виводяться починаючи зі старшого розряду. Ці дані можуть бути лічені чи по передніх фронтах *SCLK* чи по задніх фронтах *CLK*, починаючи з другого імпульсу. *AD677* ігнорує імпульси *CLK* після того, як *BUSY* переходить у 0, і виходи *SDATA* і *SCLK* не будуть мінятися до наступної вибірки.

## 2.4 Управління системою та виведення результатів

Схема мікроконтролер *PIC18F4550*, що є водночас логічним керуючим пристроєм та пристроєм виводу, зображена на рис.2.4.

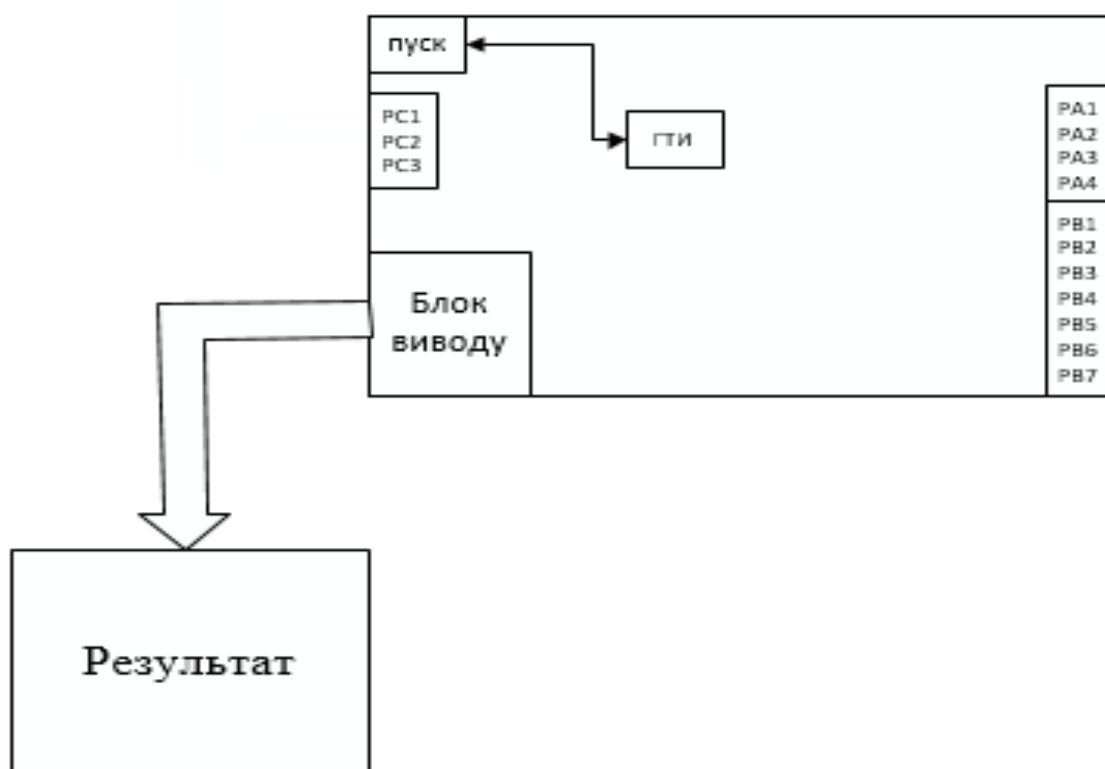


Рис.2.4 Схема мікроконтролер *PIC18F4550*.

### 2.4.1. Мікроконтролер *PIC18F4550*.

Високопродуктивне сімейство 8-бітних мікроконтролерів *PIC18F* представлено широкою гамою мікроконтролерів, що включають великий набір периферійних модулів: компаратори, ШІМ, захоплення / порівняння, драйвер *PKI*; інтерфейси зв'язку *USB*, *CAN*, *I<sup>2</sup>C*, *SPI*, *USART*, *Ethernet* і т. д.

- швидкодії до 16 *MIPS*;
- обсяг пам'яті програм до 128 кБ;
- корпусу від 18 до 100 висновків;
- ефективне кодування на Java, C, C++;
- *NanoWatt* технології;
- вбудований програмований генератор;
- просунута архітектура (16-і розрядні слова програм);
- гнучкість само програмування;
- підтримка широко поширених протоколів зв'язку (*CAN, USB, TCP / IP*).

## 2.5 Висновок до розділу

В даному розділі проводився опис складових та розроблено, функціональну схему каналу вимірювання і структурну схему засобу для вимірювання визначальних параметрів авіаційного обладнання, описано параметри і принцип роботи засобу та його складових.

## РОЗДІЛ 3

### ПРОГРАМА УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ВИМІРЮВАННЯ ВИЗНАЧАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ

#### 3.1 Загальний алгоритм роботи каналу вимірювання.

Алгоритм роботи каналу вимірювання визначальних параметрів надано на рис. 3.1.

Алгоритм починається з ініціалізації – встановлення змінних, налаштування входів виходів елементів каналу. Після закінчення ініціалізації комутатор знаходиться в режимі очікування команди «Пуск» від керуючого пристрою, після отримання команди у лічильнику номерів каналу встановлюється значення « $n_{\text{кан}} = 1$ », комутатор перемикається до відповідного каналу і передає аналоговий сигнал з обраного входу на вхід блоку вимірювання, де відбувається вимірювання, цей цикл повторюється доки кількість отриманих параметрів  $n = 8$  (оскільки у нас 8 каналний комутатор), коли цикл завершиться і умова справдиться відбувається виведення показників параметрів D0-D15, після чого канал перевіряє наявність команди «Стоп». За її відсутності управління із певною часовою затримкою передається на блок встановлення лічильника номерів каналів, у якому знов встановлюється значення « $n_{\text{кан}} = 1$ » і відбувається цикл вимірювання досліджуваних каналів. З приходом команди «Стоп» алгоритм завершує роботу.

#### 3.2 Алгоритм вимірювання визначальних параметрів.

Алгоритм вимірювання визначальних параметрів надано на рис. 3.2

<b>Кафедра КСУ</b>				<b>НАУ 21 14 24 000 ПЗ</b>			
Виконав	Ячник В.Г.			ПРОГРАМА УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ВИМІРЮВАННЯ ВИЗНАЧАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ	Літера	Аркуш	Аркуші
Керівник	Масловський Б.Г.					38	55
Консульт.					<b>СП-501Бз 123</b>		
Норм. контр.	Тупота С.В.						
Зав. Каф.	Литвиненко О.Є.						

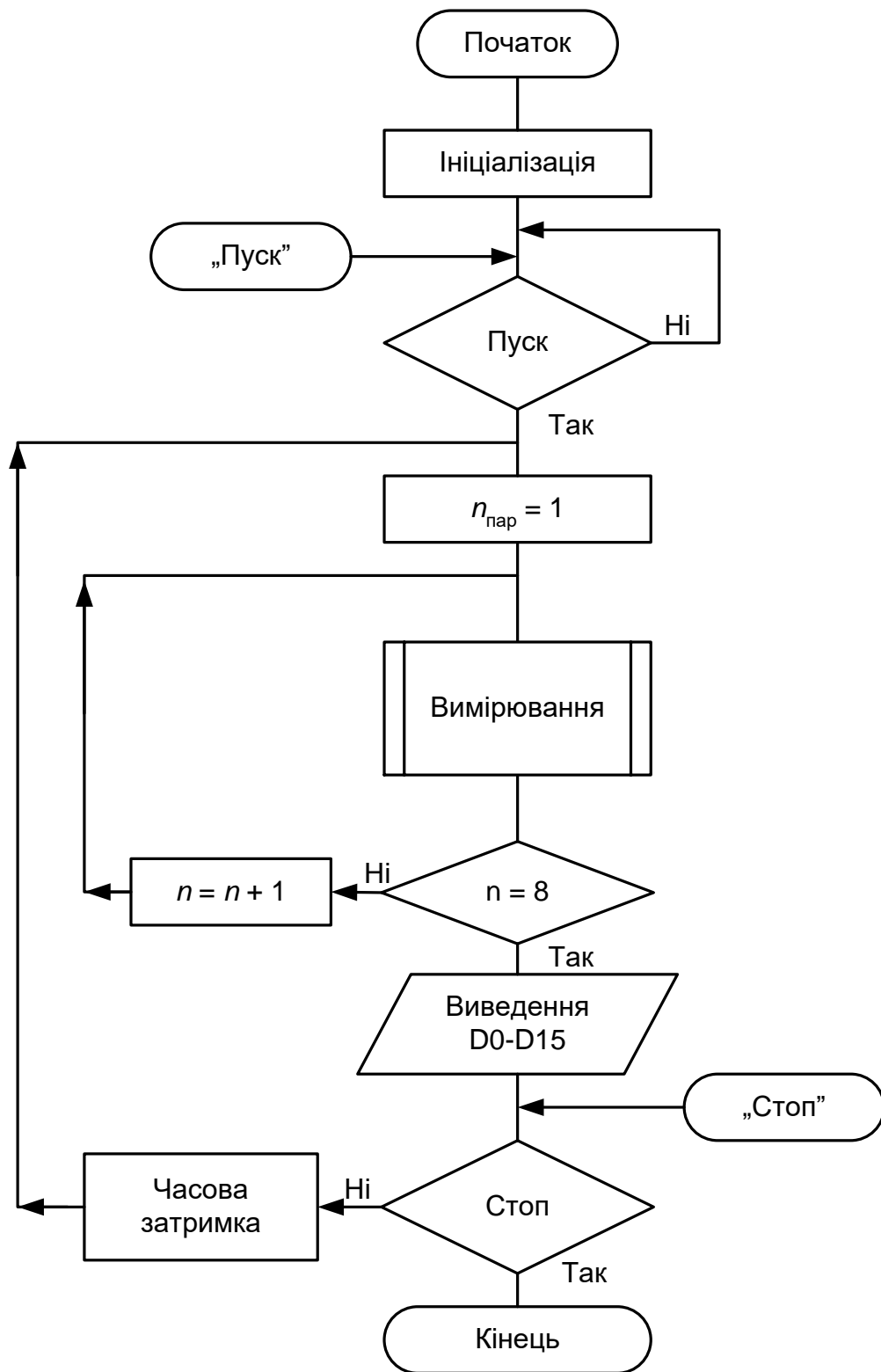


Рис.3.1. Загальний алгоритм роботи каналу вимірювання визначальних параметрів



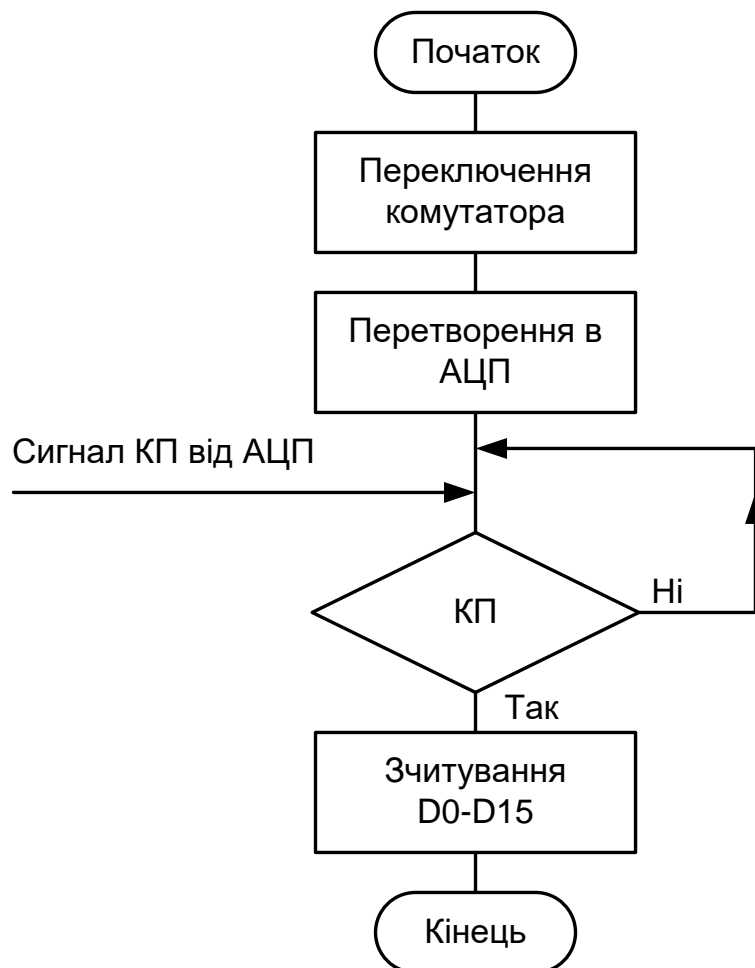


Рис.3.2. Алгоритм вимірювання визначальних параметрів

Алгоритм вимірювання виконується у блоці вимірювання, що полягає у наступних пунктах:

- переключення комутатора, вимірявши перший параметр логічний керуючий пристрій подає команді передачі параметру із наступного входу;
- отримавши параметр у вигляді аналогового сигналу АЦП перетворює його у цифровий, із закінченням перетворення АЦП подає сигнал «КП»
- кінець перетворення, що є і командою початку передачі обробленого параметру до логічного керуючого пристрою;
- останнім етапом вимірювання, є зчитування обробленого параметру і підготовка його до виводу логічним керуючим пристроєм.

### 3.3 Програма управління та вимірювання.

#### 3.3.1 Вибір мови програмування.

Обраний мною, мікроконтролер *PIC18F4550*, що виконує функції керуючого пристрою та пристрою виводу, найефективніше буде працювати, на об'єктно-орієнтованій мові програмування, java. У офіційній реалізації *Java*-програми компілюються у байт-код, який при виконанні інтерпретується віртуальною машиною для конкретної платформи. Мова значно запозичила синтаксис із *C* і *C++*. Зокрема, взято за основу об'єктну модель *C++*, проте її модифіковано. Усунуто можливість появи деяких конфліктних ситуацій, що могли виникнути через помилки програміста та полегшено сам процес розробки об'єктно-орієнтованих програм. Ряд дій, які в *C/C++* повинні здійснювати програмісти, доручено віртуальній машині. Передусім *Java* розроблялась як платформи-незалежна мова, тому вона має менше низькорівневих можливостей для роботи з апаратним забезпеченням. За необхідності таких дій *java* дозволяє викликати підпрограми, написані іншими мовами програмування.

#### 3.3.2. Інтерфейс програми

Програма повинна бути легка у використанні із простим інтерфейсом, що прискорить роботу спеціалістів. Для легкості та ефективності було розроблено простий інтерфейс, представлений на рис. 3.3.

Меню складається із:

- *File*
- *Record*
- *Read*
- *Graphic*
- *Author*

Основний пункт меню *File* призначений для головних команд:

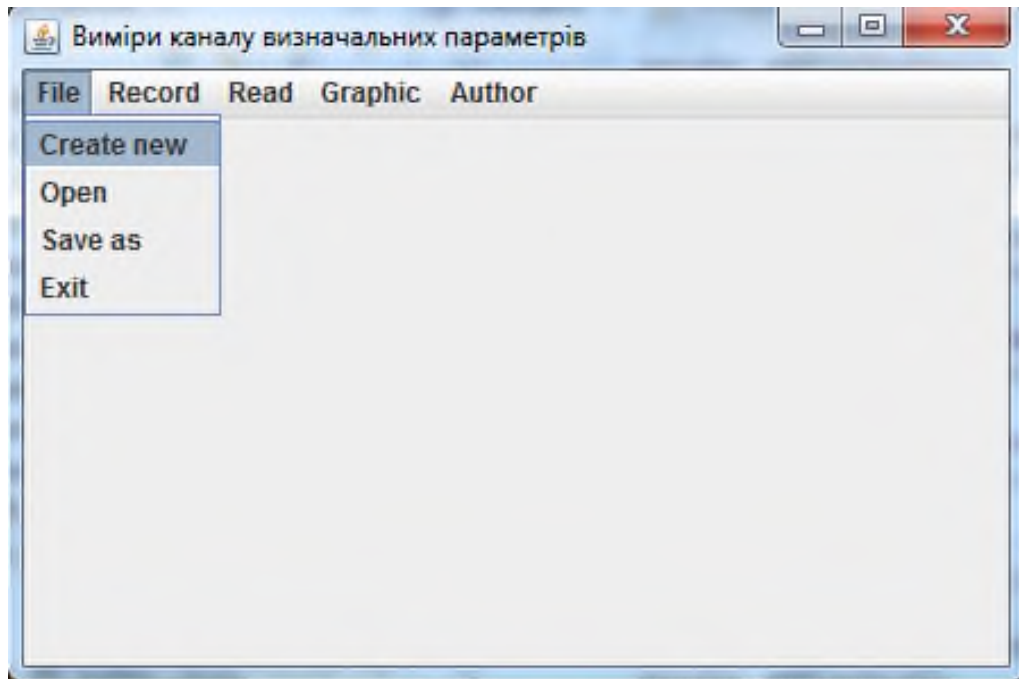


Рис.3.3. Вікно програми «Канал вимірювання визначальних параметрів».

- створення нового вікна вимірювання (*Create new*);
- відкриття уже готових вимірювань (*Open*);
- зберегти вимірювання (*Save as*);
- вихід з програми (*exit*).

Другий пункт меню *Record*, створений для початку роботи каналу вимірювання ВП, натискаючи цей пункт меню, мікроконтролер подаватиме сигнал запуску комутатора.

Третій пункт меню *Read*, призначений для виводу результату вимірювань каналу на екран у вигляді таблиці накопичених статистичних даних.

Четвертий пункт *Graphic*, призначений для побудови графіків визначальних параметрів авіаційного обладнання за накопиченими статистичними даними (рис. 3.4).

При натисканні підменю *Great graphic* на екрані мають з'являтися графіки обраних параметрів.

Отримавши всі необхідні дані, для пришвидшення роботи із програмою, не потрібно перезапустити її, а потрібно обрати: *File* → *Create new*, і відкриється нове вікно із програмою, що дасть змогу розпочати нове вимірювання, не втративши уже проведене.

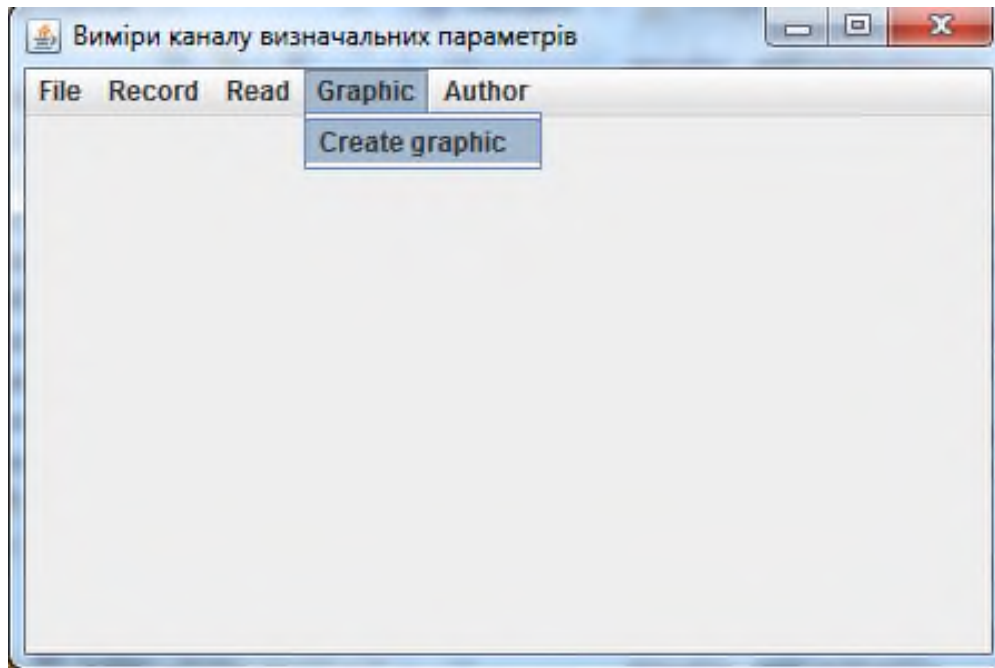


Рис.3.4. Створення графіку вимірювань.

Лістинг програми інтерфейсу наведено у додатку.

### 3.3.3. Тестування програми

Тестування програмного продукту є невід'ємною частиною техніки контролю якості, що перевіряє відповідність між реальною та очікуваною поведінкою програми. Тестування – це процес технічного дослідження, призначений для виявлення інформації про якість продукту відносно контексту, в якому він має використовуватись. До цього процесу входить виконання програми з метою знайдення помилок. Якість не є абсолютною, це суб'єктивне поняття. Тому тестування не може повністю забезпечити коректність програмного забезпечення.

Ціллю тестування програмного забезпечення є перевірка чи програма виконує усі функції передбачені у вимогах, є надійною, зручною у використанні, перевіряється швидкодія.

Тестування прийнято розділяти за рівнями завдань і об'єктів на різних стадіях та етапах розробки програмного забезпечення. Виділяють наступні рівні тестування:

- тестування частин програмного забезпечення з метою перевірки правильності реалізації алгоритмів;
- функціональне тестування підсистем та програмного забезпечення в цілому з метою з'ясування рівня виконання функціональних вимог до програмного забезпечення;
- навантажувальне тестування, що призначене для виявлення характеристик функціонування програмного забезпечення при зміні навантаження (наприклад, наповнення бази даних).

Функціональні вимоги описують внутрішню роботу системи, її поведінку: калькулювання даних, маніпулювання даними, опрацювання даних, і інші специфічні функції які повинна виконувати система.

Функціональні вимоги визначають що система повинна робити, а не функціональні вимоги визначають якою система повинна бути.

Не функціональні вимоги можна поділити на дві категорії: покращення (безпека, надійність, швидкодія, зручність у використанні) та вдосконалення (масштабування, відновлюваність) властивостей системи.

Першорядними методами тестування програмних засобів є: метод «чорного ящика» та метод «білого ящика». Для тестування методом «чорного ящика» не важливо як влаштована система, він передбачає лише перевірку реакції програми на введені дані. При тестуванні програми методом «білого ящика» тестується вся система з метою перевірки правильної роботи на її всіх програмних шляхах.

Для тестування розробленої програми обираємо рівень функціонального тестування та рівень тестування частин, а також метод «білого ящика».

Щоб розпочати тестування програми необхідно запустити її *exe*-файл. Після цього з'являється стартове вікно програми (рис. 3.3), яке вже описано у попередньому підрозділі. Далі послідовно перевіряємо усі складові інтерфейсу. Через пункт меню *Record* заносимо дані до пам'яті з заготовлених заздалегідь файлів із даними про ВП.

Для виведення графіків використовуємо підменю *Great graphic* пункту *Graphic*. Виведені графіки мають наступний вигляд (рис. 3.5).

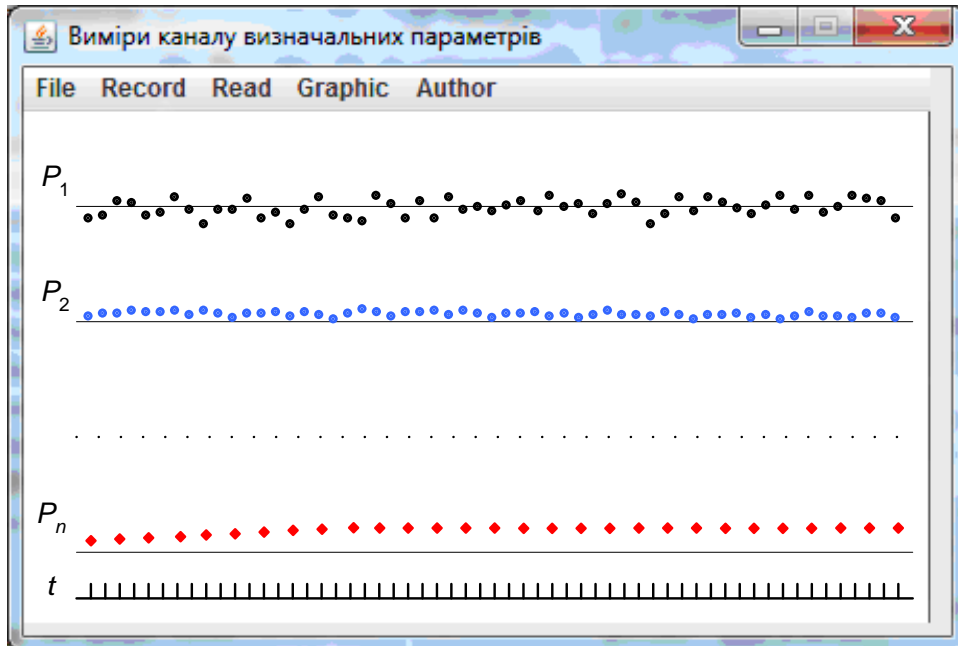


Рис.3.5. Виведений графік змін визначальних параметрів авіаційного обладнання

### 3.4 Висновок до розділу.

В третьому розділі дипломного проекту, було розроблено загальний алгоритм роботи каналу вимірювання визначальних параметрів і алгоритм вимірювання визначальних параметрів, наведений опис роботи алгоритму. Створено інтерфейс програми для управління та вимірювання визначальних параметрів, проведений опис програми, переваги вибраної мови програмування для написання інтерфейсу.

## ВИСНОВКИ

Серед найважливіших проблем експлуатації авіаційної техніки (АТ) особливе місце займає проблема удосконалення процесів технічної експлуатації повітряних суден (ПС) та їх авіаційного і радіоелектронного обладнання (авіоніки) з метою забезпечення високої ефективності їх використання та безпеки польотів. Метод технічної експлуатації – це Сукупність правил, що визначають вид граничного стану виробу, після досягнення якого експлуатація виробу призупиняється або припиняється, а також види і склад робіт з технічного обслуговування і ремонту виробу в експлуатації відповідно до встановленого видом граничного стану. Повітряні судна цивільної авіації належать до так званих відновлюваних складних машин. Процес експлуатації ПС супроводжується постійною зміною їхнього технічного стану. Необоротні процеси, які відбуваються в матеріалах, змінюють властивості деталей різних агрегатів, умови їхньої роботи. Тому ймовірність їхньої безвідмовної роботи з часом зменшується, з'являються несправності та відмови.

Комплекс заходів з технічного обслуговування і ремонту ПС умовно можна поділити на дві групи: планові профілактичні роботи, пов'язані в основному з попередженням відмов і з попередженням відмов і несправностей, і роботи по знаходженню й усуненню несправностей і відмов (обслуговування за станом).

Значні витрати пов'язані з виконанням як планових, так і непланових ремонтів авіаційної техніки. Проведені розрахунки і зарубіжна практика показують, що лише при впровадженні стратегії технічного обслуговування і ремонту авіаційної техніки за станом можна скоротити витрати на її технічну експлуатацію і ремонт до 30%.

В першому розділі дипломного проекту розглянуті різні методи обслуговування авіаційної техніки, поняття визначального параметру, аналогові комутатори та ключі до їх. Був наведений опис аналого-цифрових

перетворювачів, мікроконтролера, що здійснює функції логічного керуючого пристрою та пристрою виведу.

В другому розділі дипломного проекту розроблені загальну структурну схему стенду, та функціональну схему каналу вимірювань. Розглянуті всі складові та їх принцип роботи.

В третьому розділі дипломного проекту розроблені загальний алгоритм роботи каналу вимірювання та алгоритм вимірювання параметрів, проведено програмну реалізацію алгоритму.

Отже для реалізації теми дипломного проекту виконано наступне:

1. Проведено аналіз методів та засобів вимірювання ВП.
2. Створено загальну структурну схему засобу;
3. Створено функціональну схему каналу вимірювань засобу;
4. Розроблено загальний алгоритм роботи засобу
5. Розроблено алгоритм вимірювання визначальних параметрів;
6. Розроблено програму, що реалізує створені алгоритми.
7. Проведено перевірку працездатності розробленої програми.



## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

### ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Бойченко С.В., Іванченко О.В. Положення про дипломні роботи (проекти) випускників Національного Авіаційного Університету. НАУ, 2017 р.
- 2) ГОСТ 19.701-90 ЕСКД. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения
- 3) ГОСТ 19.003-80 ЕСКД. Схемы алгоритмов и программ. Обозначения условные графические
- 4) ДСТУ 3582: 2013 «Бібліографічний опис скорочення слів і словосполучень в українській мові»;
- 5) ДСТУ 8302-2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання».
- 6) Румьянцев Е.А. Инженерно – авиационная служба и эксплуатация авиационного оборудования. – ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского. 2004. – 420 с.
- 7) Масловський Б. Г. Прогнозування точнісних характеристик систем управління посадкою літаків. – К.: НАУ, 2004. – 28 с.
- 8) Буцкий Е. В., Морозов С.А. Транспортный самолет Антонов Ан-12. Руководство по летной эксплуатации. М.: Редакционно-издательский отдел Аэрофлота, 1998. — 350 с.
- 9) Перебаскин А. В. Микросхемы для аналого-цифрового преобразования и средств мультимедиа. Справочник, 1996 – 384 с.
- 10) *Maxim Integrated Products* [електронний ресурс]. – URL <http://cqdх.ru/reference/el.php?id=21398&refname=DG408-DG409>.
- 11) Справочник по среднему семейству микроконтроллеров *PICmicro* [електронний ресурс] – URL [http://www.microchip.ru/files/d-sheets-rus/PIC16\\_Manual.pdf](http://www.microchip.ru/files/d-sheets-rus/PIC16_Manual.pdf).

## ДОДАТОК

### Інтерфейс програми управління та вимірювання

```
public class Diplom extends javax.swing.JFrame {

    jMenuBar1 = new javax.swing.JMenuBar();
    jMenu1 = new javax.swing.JMenu();
    jMenuItem1 = new javax.swing.JMenuItem();
    jMenuItem2 = new javax.swing.JMenuItem();
    jMenuItem3 = new javax.swing.JMenuItem();
    jMenuItem4 = new javax.swing.JMenuItem();
    jMenu2 = new javax.swing.JMenu();
    jMenu3 = new javax.swing.JMenu();
    jMenu4 = new javax.swing.JMenu();
    jMenuItem5 = new javax.swing.JMenuItem();
    jMenu5 = new javax.swing.JMenu();

    setDefaultCloseOperation(javax.swing.WindowConstants.EXIT_ON_CLOSE);

    jMenu1.setText("File");

    jMenuItem1.setText("New");
    jMenuItem1.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
        public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
            jMenuItem1ActionPerformed(evt);
        }
    });
    jMenu1.add(jMenuItem1);

    jMenuItem2.setText("Open");
```

```
jMenuItem2.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {  
    public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {  
        jMenuItem2ActionPerformed(evt);  
    }  
});  
jMenu1.add(jMenuItem2);
```

```
jMenuItem3.setText("Save");  
jMenuItem3.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {  
    public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {  
        jMenuItem3ActionPerformed(evt);  
    }  
});  
jMenu1.add(jMenuItem3);
```

```
jMenuItem4.setText("Exit");  
jMenuItem4.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {  
    public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {  
        jMenuItem4ActionPerformed(evt);  
    }  
});  
jMenu1.add(jMenuItem4);
```

```
jMenuBar1.add(jMenu1);
```

```
jMenu2.setText("Run");  
jMenuBar1.add(jMenu2);
```

```
jMenu3.setText("Read");  
jMenuBar1.add(jMenu3);
```

```

jMenu4.setText("Graphics");

jMenuItem5.setText("Create Graphics");
jMenuItem5.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
    public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
        jMenuItem5ActionPerformed(evt);
    }
});
jMenu4.add(jMenuItem5);

jMenuBar1.add(jMenu4);

jMenu5.setText("Information");
jMenuBar1.add(jMenu5);

setJMenuBar(jMenuBar1);

javax.swing.GroupLayout layout = new
javax.swing.GroupLayout(getContentPane());
getContentPane().setLayout(layout);
layout.setHorizontalGroup(
    layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
        .addGroup(layout.createSequentialGroup()
            .addGap(0, 463, Short.MAX_VALUE)
        )
);
layout.setVerticalGroup(
    layout.createParallelGroup(javax.swing.GroupLayout.Alignment.LEADING)
        .addGroup(layout.createSequentialGroup()
            .addGap(0, 279, Short.MAX_VALUE)
        )
);

pack();
} // </editor-fold>

```

```
private void jMenuItem2ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {  
    // TODO add your handling code here:  
}
```

```
private void jMenuItem4ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {  
    System.exit(0);    // TODO add your handling code here:  
}
```

```
private void jMenuItem1ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {  
    // TODO add your handling code here:  
}
```

```
private void jMenuItem3ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
```

```
    File resultFile=new File("result.txt");  
    FileWriter fw=new FileWriter(resultFile);  
    BufferedWriter bw=new BufferedWriter(fw);
```

```
    bw.write(resultLabel.getText());  
    bw.write("\n");  
    bw.write(resultLabel1.getText());
```

```
    bw.close();  
    fw.close();
```

```
    // TODO add your handling code here:  
}
```

```
private void jMenuItem5ActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent evt) {
```

```

mntmCreateGraphic.addActionListener(new ActionListener() {
    public void actionPerformed(ActionEvent arg0) {
        ImagePanel panel = new ImagePanel(
            new ImageIcon("image.png").getImage());
        frame.getContentPane().add(panel);
        // frame.pack();
        frame.setResizable(false);
        frame.setVisible(true);
        frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
    }
    // TODO add your handling code here:
}

/**
 * @param args the command line arguments
 */
public static void main(String args[]) {
    /* Set the Nimbus look and feel */
    //<editor-fold defaultstate="collapsed" desc=" Look and feel setting code
(optional) ">
        /* If Nimbus (introduced in Java SE 6) is not available, stay with the default look
and feel.
            *
            * For details see
http://download.oracle.com/javase/tutorial/uiswing/lookandfeel/plaf.html
        */
        try {
            for (javax.swing.UIManager.LookAndFeelInfo info:
                javax.swing.UIManager.getInstalledLookAndFeels()) {
                if ("Nimbus".equals(info.getName())) {
                    javax.swing.UIManager.setLookAndFeel(info.getClassName());
                    break;
                }
            }
        } catch (ClassNotFoundException ex) {
            java.util.logging.Logger.getLogger(Main.class).log(Level.SEVERE, null, ex);
        } catch (InstantiationException ex) {
            java.util.logging.Logger.getLogger(Main.class).log(Level.SEVERE, null, ex);
        } catch (IllegalAccessException ex) {
            java.util.logging.Logger.getLogger(Main.class).log(Level.SEVERE, null, ex);
        }
    }
}

```

```

    }
    }
    } catch (ClassNotFoundException ex) {
        java.util.logging.Logger.getLogger(Diplom.class.getName()).log(java.util.logging
.Level.SEVERE, null, ex);
    } catch (InstantiationException ex) {
        java.util.logging.Logger.getLogger(Diplom.class.getName()).log(java.util.logging
.Level.SEVERE, null, ex);
    } catch (IllegalAccessException ex) {
        java.util.logging.Logger.getLogger(Diplom.class.getName()).log(java.util.logging
.Level.SEVERE, null, ex);
    } catch (javax.swing.UnsupportedLookAndFeelException ex) {
        java.util.logging.Logger.getLogger(Diplom.class.getName()).log(java.util.logging
.Level.SEVERE, null, ex);
    }
    //</editor-fold>

    /* Create and display the form */
    java.awt.EventQueue.invokeLater(new Runnable() {
        public void run() {
            new Diplom().setVisible(true);
        }
    });
}

// Variables declaration – do not modify
private javax.swing.JMenu jMenuItem1;
private javax.swing.JMenu jMenuItem2;
private javax.swing.JMenu jMenuItem3;
private javax.swing.JMenu jMenuItem4;
private javax.swing.JMenu jMenuItem5;

```

```
private javax.swing.JMenuBar jMenuBar1;  
private javax.swing.JMenuItem jMenuItem1;  
private javax.swing.JMenuItem jMenuItem2;  
private javax.swing.JMenuItem jMenuItem3;  
private javax.swing.JMenuItem jMenuItem4;  
private javax.swing.JMenuItem jMenuItem5;  
// End of variables declaration  
}
```