

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт: Заочный
Кафедра «Системы автоматического управления»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

д.т.н., профессор

_____/ В.И. Ширяев

« ____ » _____ 2019 г.

Диагностика aneroidно-мембранных приборов на борту воздушного судна

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 09.03.01.2019.780.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы

зав. каф. САУ, д.т.н., проф.

_____/ В.И. Ширяев

« ____ » _____ 2019 г.

Автор работы

студент группы ПЗ-597

_____/ Е.В. Макавзов

« ____ » _____ 2019 г.

Нормоконтролер

зав. каф. САУ, д.т.н., проф.

_____/ В.И. Ширяев

« ____ » _____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Макавозов Е.В. Диагностика анероидно-мембранных приборов на борту воздушного судна. – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ: Заочный; 2019, 81 с., 30 ил., библиогр. список – 8 наим., 11 листов слайдов презентации ф.А4.

В данной работе были выявлены недостатки существующих методов диагностики анероидно-мембранных приборов во время регламентных работ на вертолетах типа МИ – 8 и его модификации. И разработан новый диагностический комплекс «ДАМП», который позволил оптимизировать ряд организационных процессов на предприятии, а также в несколько раз сократил время проведения самой диагностики.

Во время проектирования комплекса, поэтапно была разработана каждая из его частей:

- общая концепция устройства;
- спроектирована математическая модель;
- подбор компонентов и периферийных устройств;
- разработаны алгоритмы обработки данных.

					<i>09.03.01.2019.780.00 ПЗ</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Макавозов Е.В.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Ширяев В.И.</i>			<i>Д</i>	<i>4</i>	<i>81</i>
<i>Н. Контр.</i>		<i>Ширяев В.И.</i>			<i>ЮУрГУ Кафедра САУ</i>		
<i>Утверд.</i>		<i>Ширяев В.И.</i>					

Диагностика анероидно-мембранных приборов на борту воздушного судна

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУПП АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ВЕРТОЛЕТА МИ-8 И МЕТОДИК ИХ ПРОВЕРКИ НА СООТВЕТСТВИЕ НОРМАМ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ	
1.1 Назначение группы аэродинамических приборов.....	10
1.2 Приемник воздушного давления ПВД-6М.....	13
1.3 Барометрический высотомер ВД-10	13
1.4 Указатель скорости УС-450.....	15
1.5 Вариометр ВР-10 (ВАР-30).....	17
1.6 Датчик скорости ДАС.....	18
1.7 Датчик высоты ДВ-15.....	19
1.8 Датчик высотной коррекции.....	19
1.9 Методики проверки аэродинамических приборов вертолета МИ–8.....	20
1.9.1 Организация работ по проверке анероидно – мембранных приборов при выполнении регламентных работ на вертолете.....	20
1.9.2 Проверка барометрического высотомера ВД-10	26
1.9.3 Проверка указателя скорости УС - 450.....	27
1.9.4 Проверка вариометра ВР-10 (ВАР-30).....	28
1.9.5 Проверка датчика скорости ДАС и тарирование канала скорости.....	29
1.9.6 Проверка датчика высоты ДВ-15 и тарирование канала высоты	31
Выводы	32
2 РАЗРАБОТКА ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АНЕРОИДНО - МЕМБРАНЫХ ПРИБОРОВ	
2.1 Описание модели разрабатываемого комплекса и его функций	34
2.1.1 Конструкция корпуса кейса комплекса «ДАПМ»	35

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

2.1.2	Электропитание комплекса.....	36
2.1.3	Контрольные датчики.....	37
2.1.4	Способы коммутации комплекса с проверяемыми приборами	39
2.1.5	Органы управления комплексом	40
2.1.6	Программное обеспечение	40
2.2	Разработка структурной схемы системы управления комплекса	40
2.2.1	Система автоматического управления.....	40
2.2.2	Выбор микроконтроллера	48
2.2.3	Разработка блока управления интенсивностью воздушного потока..	49
2.2.4	Выбор устройства управления.....	51
2.2.5	Разработка структурной блок схемы комплекса «ДАМП»	52
	Выводы.....	54
3 РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ		
3.1	Требования по разработке программ для планшета и МК	56
3.2	Работа программы для микроконтроллера.....	56
3.3	Разработка интерфейса для планшетного компьютера.....	60
3.3.1	Интерфейс главного меню	61
3.3.2	Интерфейс режима калибровка	62
3.3.3	Интерфейс режима калбровки	65
3.4	Алгоритмы обработки данных	67
3.4	Выводы.....	70
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	72
ПРИЛОЖЕНИЯ		
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. Программа для микроконтроллера.....	73

ВВЕДЕНИЕ

Вертолет МИ – 8, разработанный в 60-х годах прошлого столетия, является самым массовым двухдвигательным вертолётom в мире (построено более 12000 экземпляров), а также входит в список самых массовых вертолётom в истории авиации. Широко используется во многих странах мира для выполнения множества гражданских и военных задач.

Чтобы поддерживать в исправном состоянии, вертолеты МИ – 8 на протяжении всего срока службы регулярно проходят регламентные работы (техническое обслуживание). Одной из основных частей конструкции вертолета МИ-8 является ряд групп приборного и радиоэлектронного оборудования, таких как:

- аэрометрические приборы;
- приборы и системы контроля силовых установок;
- пилотажно-навигационные приборы.

Во время прохождения регламентных работ, все они должны проходить проверку на соответствие норм технических требований.

Целью работы является разработка комплексной системы, которая позволит проводить проверочные работы анероидно-мембранных приборов на борту вертолета.

Решаемые задачи:

1. Теоретическое и практическое изучение группы анероидно-мембранных приборов вертолета МИ – 8.
2. Анализ имеющихся методик проверки на соответствие нормам технических параметров группы анероидно-мембранных приборов при проведении регламентных работ.
3. Разработка комплекса, позволяющего автоматизировать процесс проверки параметров при проведении регламентных работ.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУПП АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ВЕРТОЛЕТА МИ-8 И МЕТОДИК ИХ ПРОВЕРКИ НА СООТВЕТСТВИЕ НОРМАМ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

1.1 Назначение группы аэродинамических приборов

Группа аэродинамических или анероидно-мембранных приборов обеспечивают измерение таких параметров как изменение скорости полета, высоты полета, изменения вертикальной скорости набора или снижения вертолета, а также для преобразования полученных данных в электрический сигнал и передачи этих сигналов на бортовое устройство регистрации параметров БУР - 1.

В полете встречный поток воздуха, набегаая на приемник воздушного давлений ПВД – 6 тормозится. Его относительная скорость становится равной нулю. В этом случае кинетическая энергия частиц воздуха переходит в потенциальную энергию, и в приемнике создается избыточное давление воздуха, которое принято называть динамическим давлением воздуха (P_d).

Статическим давлением воздуха ($P_{ст}$) называют давление невозмущенного потока воздуха.

Полным давлением воздуха (P_p) называют сумму динамического и статического давления.

$$P_p = P_d + P_{ст} .$$

В основу работы группы анероидно-мембранных приборов заложено измерение разности атмосферного давления в чувствительном элементе, то есть в анероидно-мембранной коробке (АМК), расположенной внутри герметичного корпуса прибора, и давления в самом корпусе. При этом корпус прибора сообщается с текущей атмосферой с помощью специального капилляра. Эта разность возникает при изменении высоты, скорости полета, а также скорости и снижения набора высоты воздушного судна.

За счет разности давлений происходит деформация анероидно-мембранной коробки, что в свою очередь с помощью рычажно – передаточного механизма

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

подвижной системы приводит в движение стрелку прибора пропорционально изменению давления, отображая показания на оцифрованной шкале.

Система питания анероидно-мембранных приборов (Рисунок 1) обеспечивает прием и подачу на приборы статического и полного давлений воздуха.

Она состоит из двух трубопроводов:

- трубопровода полного давления;
- трубопровода статического давления.

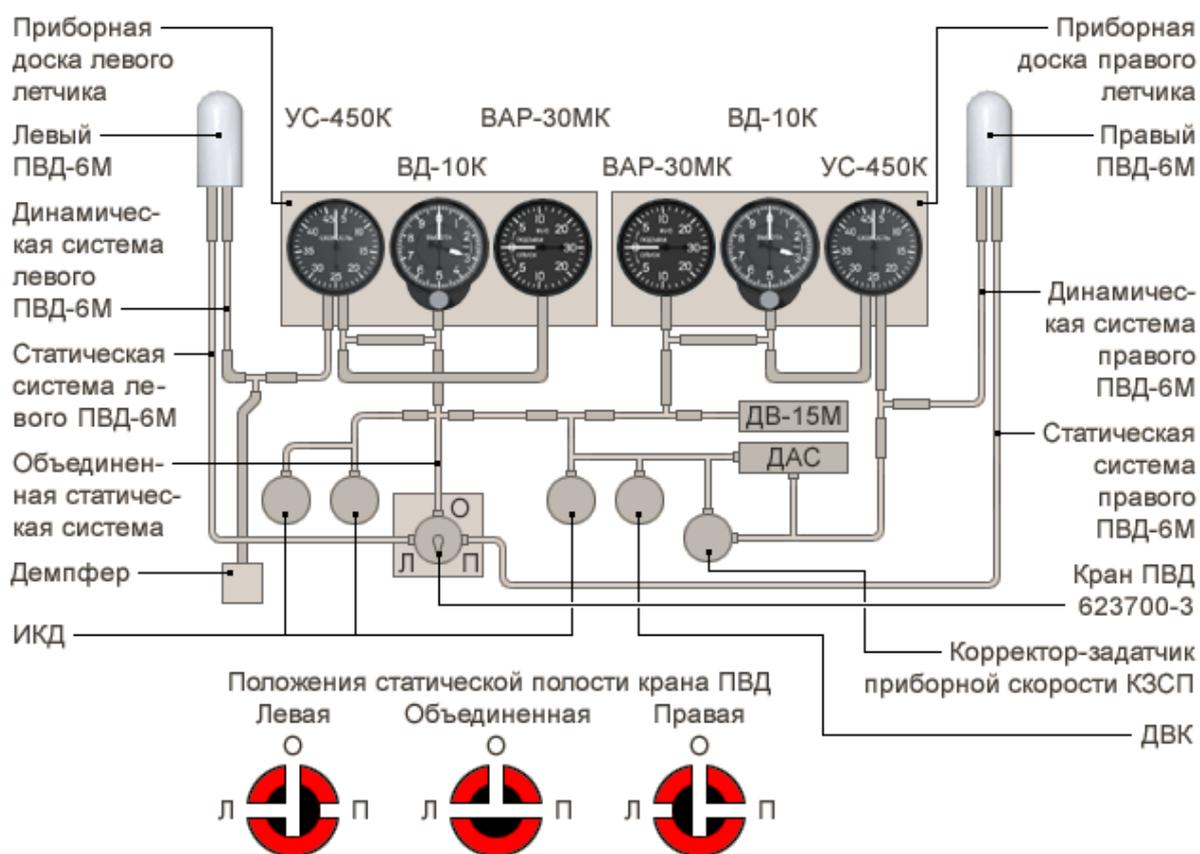


Рисунок 1 - Схема системы питания аэродинамических приборов
воздушного судна:

УС – 450 - указатель скорости; ВАР - 30 – вариометр;

ВД – 10 - барометрический высотомер; ПВД - 6 – приемник воздушного
давления, ДАС – датчик скорости; КЗСП – корректор задатчик приборной
скорости; ДВ - 15 – датчик высоты

Несмотря на то, что воздушные суда последнего поколения имеют дублирующий, порой неоднократно, комплекс цифрового пилотажно-навигационного оборудования, установленные механические высотомеры, указатели скорости полета и вариометры, дают возможность контролировать важнейшие параметры полета даже при полном отказе электроснабжения воздушного судна.

Основным недостатком аэродинамических приборов является наличие нескольких видов погрешностей, таких как инструментальная, аэродинамическая и методическая погрешности.

Инструментальная погрешность – это разность, полученная в результате отличия показаний самого прибора и фактических значений измеряемого параметра.

Аэродинамическая погрешность это – ошибка восприятия фактического давления при полете воздушного судна самим приемником воздушного давления.

Методическая и самая распространенная погрешность – это погрешность, возникшая в результате недоработок метода проверки прибора.

Характерными и самыми распространенными дефектами систем воздушных давлений анероидно-мембранных приборов является: перегорание нагревательных элементов в приемниках воздушного давления и попадание инородных материалов в отверстие приемника воздушного давления, что может привести к закупорки входного отверстия льдом или инородным материалом. Это в свою очередь влечет за собой отказ всей аэродинамической системы воздушного судна. Во избежание попадания инородных тел в отверстие приемника при нахождении воздушного судна на земле они закрываются специальными чехлами и наконечниками.

Такая неисправность как негерметичность систем подачи давления (трубопроводов) приведет к неверным показаниям приборов или к их полному отказу.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

1.2 Приемник воздушного давления ПВД – 6М

Приемник воздушного давления ПВД – 6М - это прибор, предназначенный для восприятия атмосферного давления и последующей его для подачи в системы статического и динамического давления, а также на ряд электрических датчиков систем отображения полётной информации по трубопроводам. Приемник воздушного давления ПВД – 6М установлен в нижней носовой части фюзеляжа вертолета МИ – 8 строго горизонтально линии полета.

Приемник воздушного давления состоит из камер полного и статического давления.

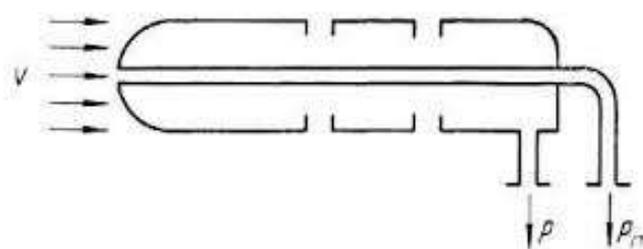


Рисунок 2 - Принципиальная схема приемника воздушного давления:

Полное давление воздуха передается через отверстие на торце приемника в камеру полного давления.

Статическое давление воздуха передается через отверстия расположенные по окружности поверхности приемника в камеру статического давления. Отверстия для восприятия статического давления расположены на поверхности приемника в таком месте, где воздух является почти неподвижным.

Из камер полного и статического давления приемника давление воздуха по двум вышперечисленным трубопроводам поступает в anerоидно – мембранные коробки барометрического высотомера, указателя скорости, вариометра, датчика высоты, датчика скорости и корректора задатчика приборной скорости.

1.3 Барометрический высотомер ВД - 10

Высота полета воздушного судна - это расстояние по вертикальной оси от поверхности, взятой за точку отсчета до самого воздушного судна.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Существует множество способов измерения этого расстояния и самым надежным и распространённым является применение барометрического способа.

Барометрический высотомер ВД - 10 предназначен для измерения и указания пилоту относительной приборной высоты полета, то есть высоты относительно давлений места взлета и пролетаемого места в пределах от 0 до 10000 метров.

Известно, что с увеличением высоты уменьшается абсолютное атмосферное давление, это и легло в основу работы барометрического высотомера.

То есть принцип действия высотомера ВД – 10 основан на измерении (деформации) анероидно-мембранной коробкой, которая раздувается либо сжимается при изменении высоты полета воздушного судна.

Высотомер ВД - 10, как барометрический прибор, не мерит реальную высоту полета воздушного судна. Измеряя разность между начальным давлением и фактическим давлением, соответствующим высоте полета воздушного судна высотомер, измеряет так называемую барометрическую высоту, которая напрямую зависит от величины давления, установленной на высотомере.

Два барометрических двухстрелочных высотомера ВД - 10 установлены на правой и левой приборных досках летчика вертолета МИ - 8.

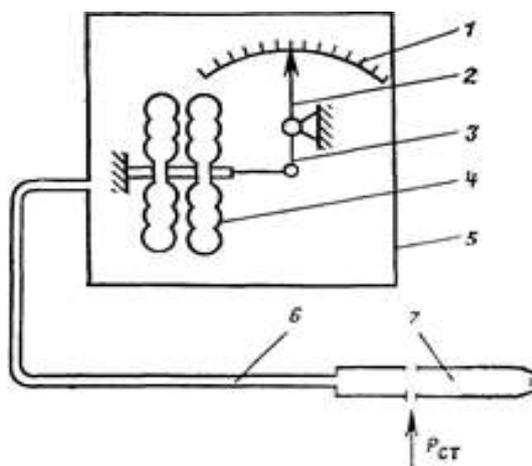


Рисунок 3 - Принципиальная схема барометрического высотомера ВД - 10:
1 – шкала; 2 - стрелка; 3 - подвижный центр; 4 – чувствительный элемент (АМК); 5 – корпус; 6 – трубопровод; 7 – камера статического давления

Анероидно - мембранная коробка является тем самым чувствительным элементом прибора. Давление в коробке практически равно нулю, в следствии того, что воздух из коробки выкачен.

Герметический корпус высотомера ВД - 10 соединен с приемником воздушного давления ПВД – 6М через трубопровод. При изменении высоты полета статическое давление воздуха в герметичном корпусе прибора изменяется тем самым заставляя сжиматься или раздуваться анероидно-мембранную коробку.

Центр чувствительного элемента (АМК) соединен с рычажно – передаточным механизмом, что позволяет привести в действие механизм движения стрелки при его деформации. Стрелка двигаясь по оцифрованной шкале, показывает значение высоты полета вертолета соответствующее воспринимаемому давлению атмосферы в пределах от 0 до 10000 метров

Характерными неисправностями барометрического высотомера ВД - 10 является выход из строя механизма прибора. Негерметичность корпуса, попадание влаги, пыли и инородных частичек в механизм, растрескивание стекла, что приводит к неправильным показаниям, заеданию зубчатых частей механизма, неплавности и заеданию стрелки прибора и т.д.

1.4 Указатель скорости УС -450

Еще одной важной характеристикой, равной расстоянию, пролетаемому воздушным судном за единицу времени является скорость полета.

Указатель скорости УС - 450 предназначен для измерения и указания пилоту вертолета приборной воздушной скорости, то есть скорости воздушного судна относительно воздушной среды, в которой он находится в пределах от 0 до 450 км/ч.

При увеличении скорости полета воздушного судна увеличивается и давление встречного потока воздуха на него.

Принцип действия указателя скорости УС -450 основан на измерении скоростного напора воздуха как разности между полным и статическим давлением воздуха.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Два указателя скорости УС -450 установлены на левой и правой приборных досках летчика воздушного судна.

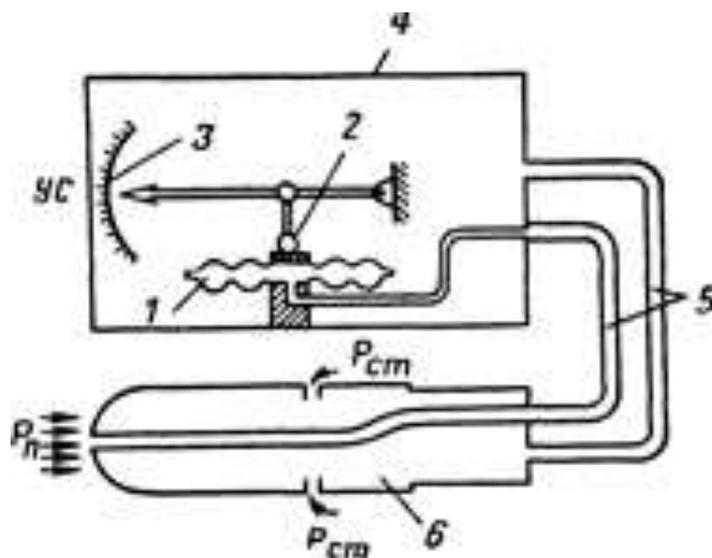


Рисунок 4 - Принципиальная схема указателя скорости УС - 450:

1 – чувствительный элемент (АМК); 2 - подвижный центр; 3 - шкала; 4 – корпус; 5 – трубопроводы; 6 - камера статического давления

В задней части прибора имеются два штуцера, которые соединяются с приемником воздушного давления ПВД – б.м по системе подачи с помощью трубопроводов. Через штуцер подачи динамического давления в чувствительный элемент, то есть в анероидно-мембранную коробку прибора подается полное давление, а через штуцер подачи статического давления в корпус прибора поступает соответственно статическое давление.

При выполнении полета вертолета под действием динамического давления анероидно-мембранная коробка расширяется. Изменение размеров чувствительного элемента (АМК) приводит в движение механизма прибора с помощью рычажно – передаточной части. Рычажно – передаточный механизм в свою очередь приводит в движение стрелку, которая двигаясь по оцифрованной шкале прибора, указывает скорость полета, соответствующую поступающему давлению.

Так как конструктивно указатель скорости УС – 450 мало отличим от барометрического высотомера, то и характерные неисправности аналогичны – это выход из строя механизма прибора, негерметичность корпуса, попадание влаги, пыли и инородных частичек в механизм, растрескивание стекла, что влечет за собой соответствующие отказы.

1.5 Вариометр ВР-10 (ВАР-30)

Вариометр ВР- 10 (ВАР – 30) - это аэродинамический прибор, предназначенный для измерения и указания пилоту вертикальной скорости подъема или снижения воздушного судна в пределах от 0 до 10 метров для типа ВР – 10 и от 0 до 30 метров для типа ВАР – 30.

Принцип действия вариометра ВР -10 (ВАР–30) основан на измерении разности давления воздуха внутри чувствительного элемента (АМК) и в корпусе прибора, соединенного с атмосферой капиллярной трубкой.

Два вариометра ВР -10 (ВАР – 30) установлены на правой и левой приборных досках летчика вертолета.

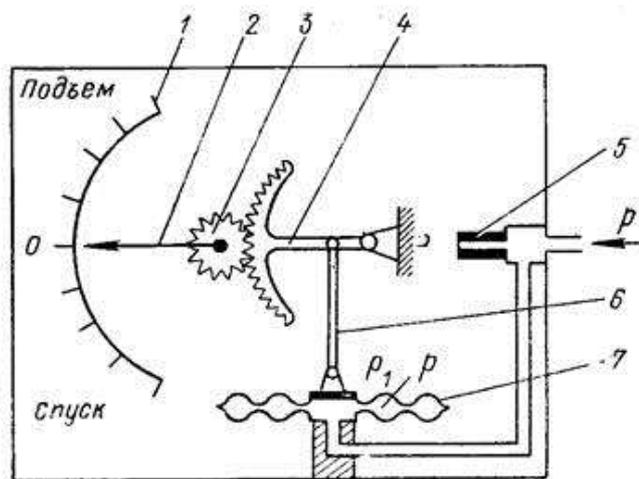


Рисунок 5 - Принципиальная схема вариометра ВР -10 (ВАР – 30):

- 1 – шкала; 2 – стрелка; 3/4 - передаточный механизм; 5 – капилляр; 6 – тяга;
7 – чувствительный элемент (АМК)

Как и в выше указанных аэродинамических приборах внутри корпуса вариометра ВР -10 (ВАР – 30) имеется чувствительный элемент в виде анероидно-мембранной коробки. По трубопроводу статического давления от приемника воздушного давления ПВД – 6М поток воздуха поступает в коробку, заставляя ее деформироваться в зависимости от скорости набора или снижения высоты вертолетом.

Соединенный с рычажно – передаточным механизмом подвижный центр чувствительного элемента приводит в движение механизм прибора. тем самым заставляя стрелку двигаться по отметкам оцифрованной шкалы, соответствующим подаваемому давлению.

1.6 Датчик скорости ДАС

Скорость полета является параметром, который необходимо контролировать не только визуально, но и в виде полученных и зафиксированных сигналов. Для таких целей были сконструированы и введены в эксплуатацию датчики скорости.

Датчик приборной скорости ДАС предназначен для измерения приборной скорости в заданном диапазоне и выдачи электрического сигнала, пропорционального приборной скорости на бортовое устройство регистрации параметров БУР - 1

Принцип действия датчика приборной скорости ДАС основан на измерении динамического давления воздуха, равного значению приборной скорости, с последующим преобразованием потенциометром полученных данных в электрический сигнал с передачей преобразованных сигналов на бортовое устройство регистрации параметров БУР – 1.

Датчик ДАС установлен под полом кабины экипажа вертолета.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

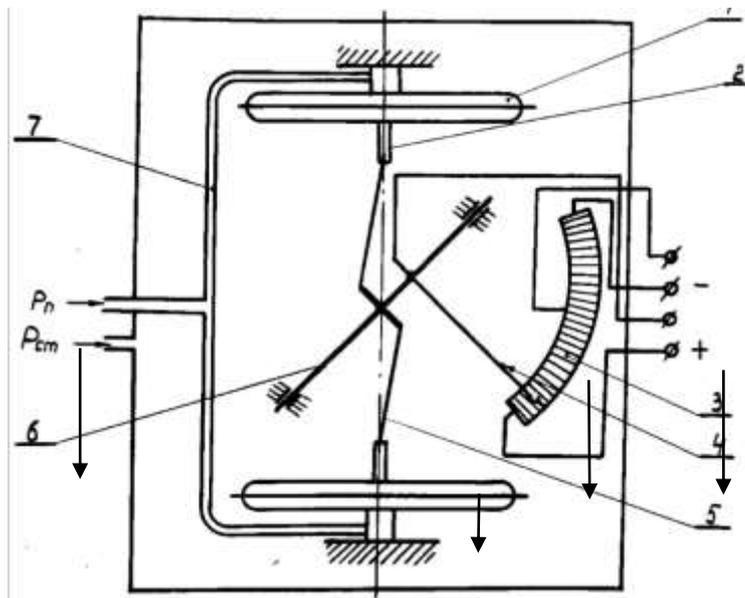


Рисунок 6 - Принципиальная схема датчика скорости ДАС:

1 - чувствительный элемент (АМК); 2- подвижный центр; 3 - потенциометр; 5- рычажно - передаточный механизм; 6 - ось с щеткой; 7 - трубопровод

По трубопроводу от приемника воздушного давления ПВД – 6М полное давление поступает в чувствительный элемент. Статическое давление поступает в герметичный корпус датчика.

Под действием разницы полного и статического давления чувствительные элементы (АМК) прогибаются. Подвижный цент, соединенный с осью приводит ее в движение. Закрепленные на оси щетки начинают скользить по потенциометру, тем самым изменяя выходное относительное сопротивление. Полученные параметры записываются на бортовое устройство регистрации полета вертолета БУР – 1.

1.7 Датчик высоты ДВ - 15

Высота является параметром, контроль которого необходимо дублировать.

Датчик высоты ДВ – 15 предназначен для определения высоты полета вертолета и выдачи электрического сигнала, пропорционального высоте полета на бортовое устройство регистрации параметров БУР - 1.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Принцип действия датчика высоты ДВ – 15 основывается на измерении атмосферного давления чувствительным элементом (АМК), то есть блоком анероидно-мембранных коробок, изменяющегося пропорционально изменению высоты полета.

Датчик высот ДВ - 15 установлен под полом кабины экипажа и подключен к системе ПВД -6М с помощью шлангов.

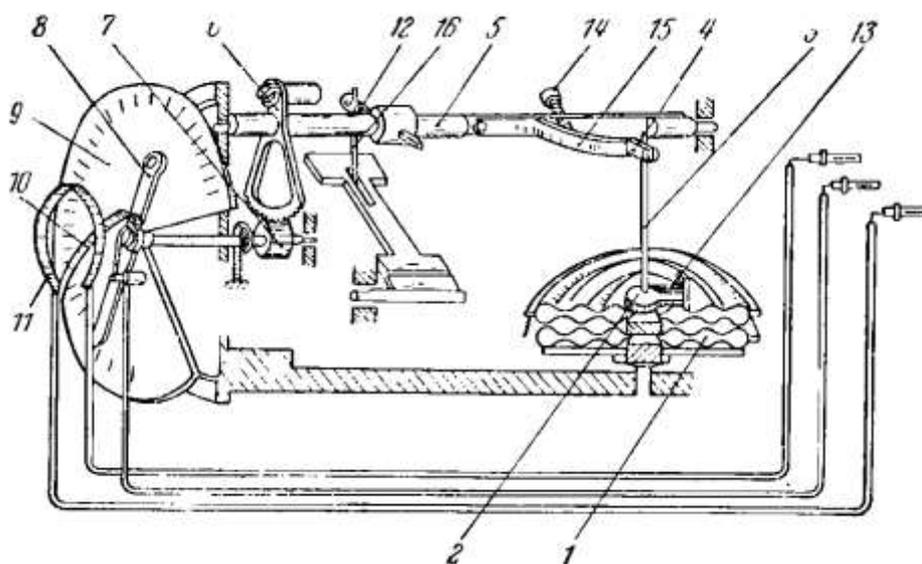


Рисунок 7 - Принципиальная схема датчика высоты:

- 1 -чувствительный элемент (АМК); 2 - подвижный центр; 3 - тяга; 4 - вилка; 5 - ось сектора; 6 - сектор; 7 - трибка; 8 - стрелка; 9 - циферблат; 10 - пружина со щеткой; 11 - потенциометр; 12 - вилка; 13 - компенсатор первого рода; 14 - регулировочный винт; 15 - компенсатор второго рода; 16 - тяга

Чувствительным элементом прибора является блок анероидно-мембранных коробок. Гофрированные мембраны соединены между собой по окружности. Деформация чувствительного элемента зависит от разности давлений в самом элементе. Давление внутри блока анероидно-мембранных коробок можно приравнять к нулевому, а в корпусе прибора равно окружающему воздушное судно атмосферному давлению. Исходя из этого значение разности давлений, оказывающих воздействие на чувствительный элемент, можно считать значением абсолютного атмосферного давления.

Это давление имеет наибольшую величину у земли, в следствии чего anerоидно - мембранные коробки находятся в наиболее сжатом состоянии.

При этом сила упругости мембраны уравнивает силу атмосферного давления. По мере подъема на высоту давление падает, соответственно anerоидно-мембранные коробки расширяются, и расстояние между коробками при этом увеличивается.

Изменения происходящие в следствии сжатия или раздутия коробок передаются на оси сектора и самому сектору посредством подвижного центра. Сектор находится в постоянном зацеплении с трибкой. На оси с трибкой смонтирована стрелка, которая двигаясь по оцифрованной шкале, показывает то или иное значение высоты. Одновременно происходит перемещение пружины со щеткой по потенциометру, с которого впоследствии снимается электрический сигнал с дальнейшей передачей значений параметров на бортовое устройство регистрации параметров вертолета БУР – 1.

1.8 Датчик высотной коррекции ДВК

Датчик высотной коррекции ДВК, построен по тому же принципу, что и ДВ-15, предназначен для измерения статического давления воздуха в диапазоне от 760 до 200 мм.рт.ст. и выдачи выходных сигналов в виде величин сопротивлений. Диапазон работы по высоте, от 0 до 20000 м. Измеряемое статическое давление подается во внутреннюю полость корпуса и воспринимается двумя чувствительными элементами (АМК). При изменении давления anerоидно-мембранные коробки деформируются, что передается на вращение оси щеток. При этом щетки перемещаются по неподвижно установленному потенциометру. Каждому значению давления соответствует определенная величина сопротивления.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

1.9 Методики проверки аэродинамических приборов вертолета МИ – 8

1.9.1 Организация работ по проверке анероидно – мембранных приборов при выполнении регламентных работ на вертолете.

Работы выполняемы на вертолете МИ – 8 при регламентных работах могут варьироваться от проверки общей работоспособности систем вертолета, до полной проверки параметров отдельных агрегатов, что требует их демонтажа и дальнейшей работы с ними в лабораторных условиях, в виду отсутствия оборудования (КПА, установок) для выполнения работ на борту не прибегая к демонтажу. В зависимости от формы (типа) регламентных работ – 50, 100, 500 и 1000 часов налета борта, будет зависеть продолжительность выполняемых работ и их ступенчатость.

При выполнении технического обслуживания агрегатов, в том числе и анероидно – мембранных приборов, в лабораторных условиях требуется выполнения их демонтажа в комплексе разборки/сборки вертолета с дальнейшей передачей агрегата на комплектующий участок (комплектовку), где будет произведен его учет с указанием даты демонтажа и исполнителя работ. Учет производится в специальном «Журнале приёма – передачи агрегатов из комплекса разборки в комплекс ремонта и ТО».

Вторым шагом после выполнения демонтажа является передача демонтированных приборов в комплектующий участок (комплектовку) смежного комплекса, где будут производиться работы проверок в лабораторных условиях.

Перемещения агрегатов также должны фиксироваться в специальных журналах учета перемещений агрегатов.

После поступления в комплектовку исполнительного комплекса специалист привлеченный к выполнению работ получает агрегат под роспись и приступает к его обслуживанию и проверки параметров.

Проверки параметров анероидно – мембранных приборов в лабораторных условиях осуществляются на поверенных контроль – поверочных установках (таких, например, как УКМП ИВД – измеритель воздушного давления) строго

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

соблюдая требования технологической документации (инструкций, технологических карт).

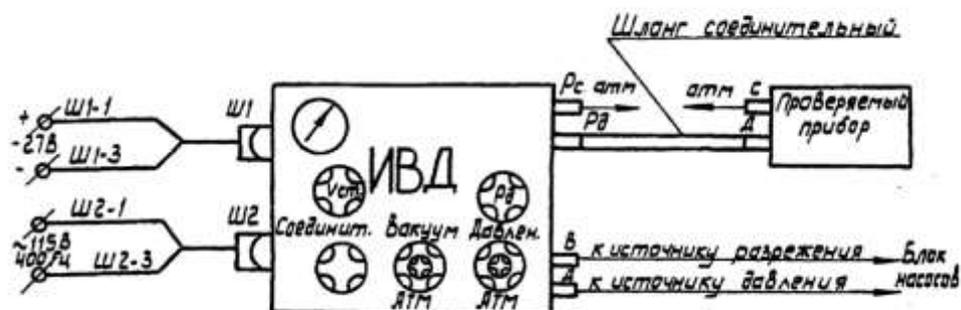


Рисунок – 7 – Схема соединения УКАМП ИВД с проверяемым прибором.

На рисунке 1 изображена схема подключения УКАМП ИВД к проверяемому прибору.

Помещения, где выполняется проверка параметров должно быть сухим чистым, с температурой воздуха $(25 \pm 15) \text{ C}$, с влажностью не более 80%.

По окончании выполнения работ исполнитель заполнив необходимую документацию (карты проверок, таблицы) предъявляет результаты проверки представителю отдела технического контроля. В случае «одобрения» выполненных работ исполнитель вновь передает агрегат в комплектовку, откуда он передается в комплектовку комплекса разборки/сборки вертолета. Перемещения фиксируются в журнале учета движения агрегатов между комплексами.

Исполнитель, получив агрегат из комплектовки, выполняет его монтаж и также предъявляет результат работ по установке представителю отдела технического контроля.

Исходя из выше описанного, можно сделать вывод о трудоемкости и многоступенчатости процесса с привлечением специалистов не менее 5-6 специалистов.

Для диагностики, выявления и поиска неисправностей группы aneroidно-мембранных приборов, а также для проверки герметичности трубопроводов

статической и динамической систем ПВД-6М вертолета используется комбинированная поверочная установка КПУ-3.

и непосредственно на борту воздушного судна.

Основные тактико-технические характеристики установки КПУ -3.

- Установка КПУ – 3 создает разрежение 620 мм рт. ст. и давление 1000 мм рт. ст. при вращении рукоятки со скоростью 100 об/мин, в течение 2 минут.

- Герметичность установки КПУ – 3 при разрежении 620 мм рт. ст. и при давлении 1600 мм рт. ст. обеспечивает спад показаний манометра не более чем на 5 мм рт. ст. за 1 мин.

- Привод установки ручной.

- Вес комплекта установки 3,3 кг.

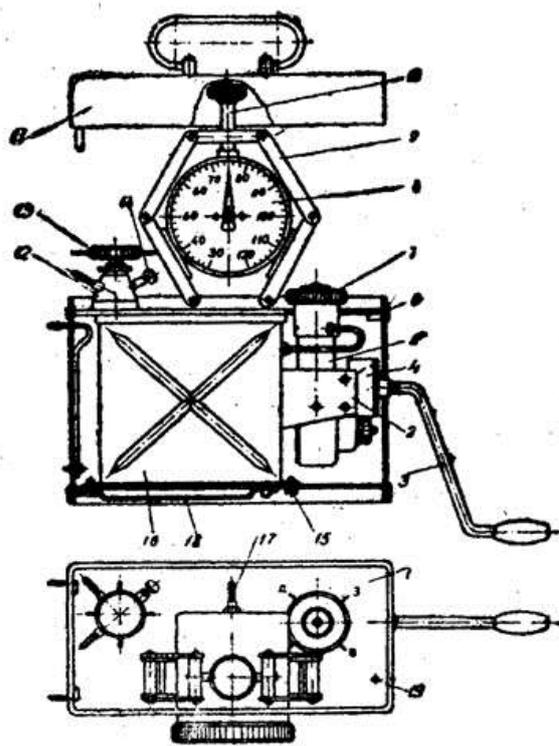


Рисунок 8 - Установка КПУ-3 с контрольным прибором:

- 1 - панель; 2 - кронштейн; 3 - рукоятка; 4 - редуктор; 5 - насос;
6 - футляр; 7 - кран; 8 - контрольный прибор; 9 - кронштейн; 10 - зажим;
11 - крышка футляра; 12 - кран; 13, 14 и 15 - винты; 16 - бачок; 17 - переходной
штуцер; 18 - лючок; 19 - винт; 20 - трубопровод.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

09.03.01.2019.780.00 ПЗ

Лист

22

Основной частью установки КПУ-3 является поршневой насос (поз. 5), укрепленный на кронштейне (поз. 2) бачка (поз. 16) и соединенный с ним с помощью трубопровода (поз. 20). На крышке бачка (поз. 16) расположен кран (поз. 12) с ниппелями для присоединения, проверяемого и контрольного приборов, а также для регулирования, подводимого к приборам давления.

Насос установки снабжен поворачивающейся конусной пробкой с шариковыми клапанами. Поворачивая конусную пробку, можно соединить всасывающий или выхлопной клапаны насоса с бачком и получить в бачке соответственно необходимое давление. На панели (поз. 1) смонтированы: складной кронштейн (поз.9) для крепления контрольного прибора (поз. 8), кран насоса (поз.1 и 12). В боковое отверстие в футляре вставляется рукоятка (поз. 3), служащая для приведения в движение поршня насоса (поз. 5) через редуктор (поз.4). К воздушному бачку (поз. 16) присоединен кронштейн (поз. 2), на который устанавливается насос. Бачок (поз.16) привинчен к футляру (поз. 6) тремя винтами (поз. 15).

Для проверки приборов с помощью установки КПУ-3 необходимо иметь соответствующие проверенные контрольные приборы, с показаниями которых сверяется показания проверяемых приборов.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

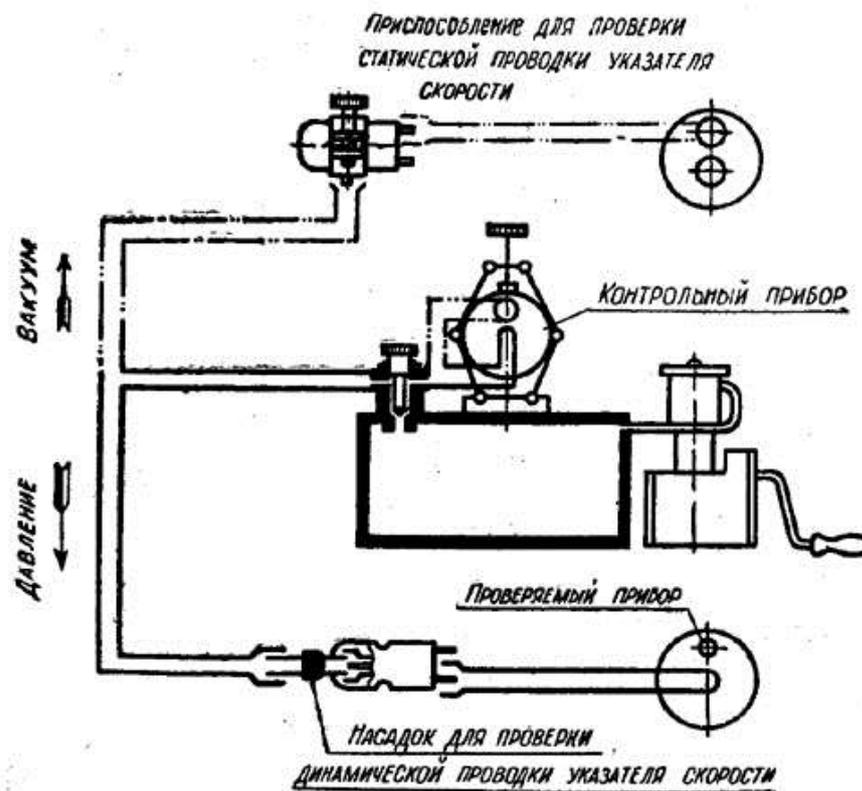


Рисунок 9 - Схема проверки герметичности проводки к проверяемому прибору.

Первоначальным шагом в работе по проверке аэродинамических приборов является проверка герметичности проводки систем подачи давления, то есть проводки прибора.

При проверке герметичности проводки прибора, необходимо закрепить на установке КПУ-3 контрольный прибор. Для проверки герметичности динамической проводки нужно соединить штуцер для подачи динамического давления контрольного прибора резиновым шлангом с одним из ниппелей крана установки, а второй ниппель крана установки соединить резиновым шлангом и прилагаемой специальной насадки с входным отверстием динамической проводки трубки приемника воздушного давления. Затем, постепенно открывая винт (поз. 13), подавать воздух под давлением к контрольному и к проверяемому приборам.

При проверке герметичности статической проводки в бачке надо создать разрежение. Для этого на конце шланга укрепить специальное прилагаемое

приспособление для статической проводки (хомут) и надеть его на трубку приемника воздушного давления, а второй ниппель крана соединить со штуцером подачи статического давления контрольного прибора.

Убедившись в герметичности проводки, можно проверять аэродинамические приборы на соответствие нормам технических параметров непосредственно на борту воздушного судна, но при этом необходимо контрольный прибор предварительно проверить при той же температуре, при которой проверяется наш прибор.

Перед проверкой складной кронштейн (поз.9) ставят в вертикальное положение, устанавливают на нем контрольный прибор (поз.8), который закрепляют зажимом (поз. 10). Затем переходные штуцеры (поз.17) контрольного прибора соединяют резиновым шлангом с одним из ниппелей крана установки (поз.12). Второй ниппель крана установки соединяют с проверяемым прибором, причем кран должен быть в это время закрыт (оба винта поз. 13 и поз.14 нужно завинтить до отказа). До вращения рукоятки насоса установки необходимо кран (поз.7) поставить в положение «Вакуум» или «Давление».

Работа насоса в течение двух минут обеспечивает требуемое давление или разрежение в бачке (поз. 16). Затем необходимо быстро перевести кран (поз. 7) в среднее положение «Закрыто». При этом насос и бачок установки будут изолированы друг от друга.

Затем вывинчивают винт (поз. 13), при этом воздух под давлением или разрежением подается в контрольный и проверяемый приборы. После того как стрелка контрольного прибора установится на нужное деление шкалы, винт (поз. 13) нужно быстро завинтить и записать показания контрольного и проверяемого приборов. В случае если требуется снять излишек давления или разрежения в установке, надо при закрытом положении винта (поз. 13) медленно вывинтить наклонный винт (поз. 14).

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

1.9.2 Проверка барометрического высотомера ВД-10

Если при работе с установкой КПУ - 3 первым шагом необходимо проверить герметичность систем подачи давлений к прибору, то выполнение проверки аэродинамических приборов на соответствие нормам параметров, в том числе и барометрического высотомера необходимо начинать с проверки герметичности корпуса самого прибора.

Для проверки герметичности корпуса высотомера ВД – 10 необходимо с помощью резинового шланга соединить штуцер проверяемого прибора с вакуумным насосом установки. Установить стрелки прибора на нулевую отметку путем вращения кремальеры проверяемого прибора.

После этого из корпуса проверяемого прибора выкачивают воздух с помощью установки КПУ - 3 до тех пор, пока стрелка прибора не поднимется на максимальную отметку шкалы. Затем следует зажать резиновый шланг, соединяющий проверяемый прибор и установку КПУ -3 и наблюдать за изменениями показаний прибора. В течении одной минуты стрелка высотомера не должна сместиться более чем на допустимые значения в сторону снижения высоты.

После того как убедились в герметичности корпуса прибора можно приступать к проверке погрешности показаний, и одновременной проверки плавности хода стрелок и вариации показаний.

Перед проверкой погрешностей высотомера ВД - 10 его стрелки устанавливаются на нулевую отметку с помощью вращения кремальеры на лицевой части агрегата. Краны установки перекрывают, кран – переключатель устанавливают в положении «ВАКУУМ». В бачке установки КПУ - 3 создают разрежение.

После окончания подготовительных работы кран – переключатель КПУ - 3 устанавливают в положение «ЗАКРЫТО». Задавая определенное давление для каждой отметки шкалы, производят проверку погрешности показаний.

Проверка погрешностей показаний прибора заключается в сравнении фактических показаний прибора с эталонными значениями контрольного

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

прибора, при подаче определенного давления, для конкретного того или иного значения высоты.

Диагностика производится при показаниях прямого и обратного хода стрелки, соответствующих определенному давлению.

Одновременно с проверкой погрешности, производится проверка вариации показаний и плавности хода стрелок.

Результаты проверок заносят в специальный протокол для дальнейшего составления поправочного листа.

1.9.3 Проверка указателя скорости УС - 450

Первостепенным параметром при проверке указателя скорости УС -450, как и высотомера ВД - 10, является проверка герметичности корпуса прибора. Для проверки указателя скорости на герметичность его корпуса необходимо соединить штуцер подачи статического давления прибора с источником разряжения с помощью резинового шланга установки КПУ – 3. В корпусе проверяемого УС - 450 создают давление равное максимальным показаниям шкалы прибора 450 км/ч, после чего резиновый соединяющий шланг пережимают специальным зажимом и следят за изменениями показаний проверяемого прибора в течении одной минуты. Герметичность проверяемого прибора должна быть такой, чтобы созданное разряжение в корпусе прибора не спадало более чем на допустимое значение.

После проверки герметичности корпуса прибора и при условии, что параметр входит в нормы, можно приступить к проверке погрешности показаний.

Проверка погрешности показаний указателя скорости УС - 450 производится путем сверки фактических показаний проверяемого прибора и показаний эталонного контрольного прибора при подаче определенного давления, соответствующего проверяемому значению скорости.

Для этого необходимо произвести крепление контрольного указателя скорости в кронштейне установки КПУ – 3. Динамический штуцер контрольного прибора соединяют с соответствующим штуцером установки с помощью резинового

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

шланга установки. Динамический штуцер проверяемого прибора так же соединяют со штуцером установки резиновым шлангом.

Краны коллектора установки перекрываются, а кран – переключатель устанавливают в положение «ДАВЛЕНИЕ». После создания требуемого максимального давления кран – переключатель устанавливают в положение «ЗАКРЫТО».

После чего указатель скорости УС - 450 проверяют на уменьшение показаний по шкале. Производят стравливание воздуха в атмосферу через кран установки. Отсчет показаний ведут по определенным отметкам шкалы контрольного прибора.

Проверка погрешности показаний производится при показаниях прямого и обратного хода стрелки, соответствующих определенному давлению.

Одновременно с проверкой погрешностей показаний указателя производится проверка плавности хода стрелок и вариации показаний, то есть разности показаний прибора на одной и той же точке шкалы при прямом и обратном ходах (увеличении и уменьшении давления).

Полученные значения заносят в специальный протокол и составляют поправочные таблицы.

1.9.4 Проверка вариометра ВР-10 (ВАР-30)

Вариометры, как и другие приборы данной группы в основе работы, которых лежит чувствительность анероидно-мембранных коробок к изменению воздушного давления, имеют погрешности и вариацию показаний.

Подключение проверяемого вариометра и проверка герметичности его корпуса производятся по аналогичной методике, применяемой при проверке высотомера ВД - 10.

Краны установки КПУ - 3 перекрывают, кран – переключатель устанавливают в положении «ВАКУУМ», а в бачке установки создают как можно большее разряжение.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

После окончания подготовительных и работ по откачке воздуха кран – переключатель устанавливают в положение «ЗАКРЫТО».

Осторожно открывают кран установки настолько, чтобы стрела контрольного вариометра установилась на первой и последующих отметках шкалы. Таким образом, производится проверка на всех оцифрованных отметках шкалы прибора на «СПУСК» и «НА ПОДЪЕМ».

Погрешность показаний вариометра ВР -10 (ВАР – 30) можно определить как разность между фактическими показаниями проверяемого прибора и эталонными значениями при заданном давлении.

Одновременно с проверкой погрешности, производится проверка вариации показаний и плавности хода стрелок.

Результаты проверок фиксируются в протоколе.

1.9.5 Проверка датчика скорости ДАС и тарирование канала скорости

Процедура проверки датчика скорости ДАС и тарировки канала скорости является более сложной и трудоемкой операцией. Помимо проверки датчика на соответствие нормам технических параметров необходимо произвести тарировку канала скорости.

Тарирование каналов производится с целью количественного отсчета величин измеряемых параметров. После проведения тарирования производится процедура считывания и расшифровки полетной информации, записанной на бортовое устройство регистрации БУР - 1.

По результатам тарирования и расшифровки на каждый аналоговый параметр строится тарировочный график.

Стоит заметить, что перед выполнением проверок на борту необходимо выполнить диагностику датчиков скорости и высоты в лабораторных условиях с целью определения зависимости между измеренной величиной на входе датчика и выходной величиной электрического сигнала (или относительного сопротивления потенциометрического датчика), поступающего в измерительные каналы бортового устройства регистрации параметров полета.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Тарирование всех аналоговых команд, в том числе и каналов скорости, высоты производится с использованием уже знакомой нам установки КПУ - 3 устройства УВОП - 1 и контрольных приборов.

Считывание и расшифровка данных с бортового устройства регистрации параметров осуществляется с помощью ноутбука с программным обеспечением «СКАТ».

При тарировании аналоговых команд должны соблюдаться следующие условия:

- температура воздуха $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$;
- атмосферная влажность воздуха в пределах $(65 \pm 15)\%$;
- атмосферное давление (750 ± 30) мм. рт. ст.;
- номинальное напряжение питания 27В.

Контрольные приборы, используемые в процессе тарирования каналов, должны:

- иметь класс точности не ниже 0,2;
- проходить периодическую поверку, согласно требованиям и иметь подтверждающие сертификаты о прохождении поверки.

После завершения подготовительных работ, подключения установки УВОП - 1 к борту, необходимо отсоединить разъем жгута сигнальной сети от датчика скорости, затем подключить проверяемый датчик скорости к установке КПУ -3.

Набрать на клавиатуре устройства УВОП - 1 необходимый код выборки, соответствующий проверяемому параметру, в нашем случае коды выборки для тарирования канала скорости.

Затем последовательно с помощью КПУ-3 задавать требуемое давление, соответствующее определенным точкам проверки. Полученные значения, которые можно увидеть на индикаторе установки УВОП - 1, нужно занести в специальный протокол тарировки.

Проверка производится в двух направлениях - при прямом и обратном ходах.

Полученные значения при тарировании канала скорости, отображенные в специальном протоколе необходимо «ввести» и обработать в программу «СКАТ».

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

После «введения» полученных результатов тарирования канала, выполняется считывание и расшифровка полетной информации с бортового устройства регистрации.

Для этого к разъему для считывания информации, расположенного непосредственно на борту воздушного судна, с помощью соединительного жгута - адаптера подключается ноутбук с программным обеспечением «СКАТ». Выполняя ряд операций производится «считывание» и расшифровка записей тарирования канала, тем самым осуществляется проверка правильности функционирования, как самого датчика, так и канала записи параметров полета на бортовое устройство регистрации.

1.9.6 Проверка датчика высоты ДВ – 15 и тарирование канала высоты

Методика процедуры проверки датчика высоты ДВ - 15 на соответствие нормам технических параметров и тарирование канала высоты аналогична процедуре проверки датчика скорости и тарирования канала скорости.

С помощью КПУ-3 задается требуемое давление, которое соответствует значениям проверяемых высот.

Полученные значения, которые также можно увидеть на индикаторе установки УВОП - 1, нужно занести в специальный протокол тарировки.

Проверка производится в двух направлениях - при прямом и обратном ходах.

Введя и обработав результаты тарирования канала высоты, с последующей их и расшифровкой, мы можем убедиться в правильном или неправильном функционировании датчика и канала записи высоты бортового устройства регистрации.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Выводы

Была изучена группа анероидно – мембранных приборов на вертолетах типа МИ – 8 и их модификациях. На борту установлены следующие приборы:

- ВД-10 – указатель высоты, устанавливается 2 штуки,
- УС-450 – указатель скорости, устанавливается 2 штуки,
- ВР-10 (или ВАР-30) – вариометр, устанавливается 2 штуки,
- ДВ-15 – датчик высоты,
- ДАС – датчик скорости,
- ДВК – датчик высотной коррекции,
- КВ-11 – корректор высоты,
- КЗСП – корректор задатчик скорости приборной.

Также была проанализирована продолжительность выполнения работы, связанные с проверкой анероидно-мембранных приборов при прохождении вертолетом регламентных работ (таблице 1.).

Таблица 1 – Виды работ при прохождении регламентных работ

Вид работы	Затраты чел/ч	Выполнение работы, день
Начало работы		1-ый
Демонтаж датчиков	4	
Перемещение в комплектовку КРВ	0,3	
Перемещение в комплектовку АиРЭО	0,3	
Перемещение в лабораторию АиРЭО	0,3	
Проверка на соответ. НТП каждого датчика	11	2-ой
Проверка на соответ. НТП каждого датчика		3-ий
Перемещение в комплектовку АиРЭО	0,3	4-ый
Перемещение в комплектовку КРВ	0,3	
Перемещение комплекс сборки вертолетов	0,3	
Монтаж датчиков	6	5-ый
Проверка на герметичность воздушной системы	1	
Окончание работы		

Если спроектировать устройство, которое позволило бы производить проверку на борту вертолета и при этом проверку осуществлять одновременно сразу всех датчиков, то это значительно сократит время выполнения всех работ, а продолжительность выполнения работы по проверке, составит не более одного часа. В таблице 2 показаны все виды работ и время затрат при выполнении регламентных работ на борту воздушного судна.

Таблица 2 – Виды работ при прохождении регламентных работ на борту ВС

Вид работы	Затраты чел/ч	Выполнение работы, день
Начало работы		1-ый
Проверка всех датчиков	1	
Окончание работы		

Проведем сравнительный анализ двух таблиц и запишем данные в таблицу 3.

Таблица 3 – Время выполнения работ, разными методами

	Затраты чел/ч	Время выполнения, день
Обычный метод проверки	24	5
Разрабатываемый метод проверки	1	1

Метод проверки анероидно-мембранных приборов на борту вертолета сэкономил 23 чел/ч. А общее время выполнения работы сократил с 5 дней до одного. Очевидно, что данный метод проверки имеет место быть.

2 РАЗРАБОТКА ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АНЕРОИДНО – МЕМБРАНЫХ ПРИБОРОВ

2.1 Описание модели разрабатываемого комплекса и его функций

Разработка более удобного и точного метода по проверке анероидно-мембранных приборов на соответствие нормам технических параметров является главной задачей данной работы. Для обеспечения функционирования нового метода диагностики аэродинамических приборов необходимо проектирование и реализация необходимых инструментов.

Разработанный метод должен обеспечивать выполнение нескольких операций в одну ступень. А именно, проверку герметичности всей воздушной системы, проверку п приборов на соответствие нормам технических параметров, как по отдельности, так и одновременный сбор данных со всех проверяемых приборов. По полученным данным система должна произвести расчет таких параметров как показания погрешностей, коэффициенты нелинейности, вариацию и плавность хода стрелки. И, конечно же, моментальный анализ полученных параметров без привлечения операции по считыванию, обработке и расшифровки тарированных данных полученных с бортового устройства регистрации. Описанный метод проверки будет реализовываться с помощью универсального комплекса диагностики анероидно мембранных приборов «ДАМП»

На этапе проектирования комплекса «ДАМП» одними из первостепенных вопросов ставятся следующие функциональные задачи:

- разработка конструкции комплекса;
- электропитание комплекса;
- способы коммутации комплекса с проверяемыми приборами;
- органы управления комплексом (планшетный компьютер)
- программное обеспечение и интерфейс взаимодействия между пользователем и самим комплексом.

Таким образом, конечный продукт разработки видится как легко транспортируемый комплекс, состоящий из кейса и планшетного компьютера

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

(планшета) оснащенного специальным программным обеспечением с доступным интерфейсом, который позволит быстро в один этап проверить необходимые параметры приборов на борту воздушного судна одним человеком.

2.1.1 Конструкция корпуса кейса комплекса «ДАПМ»

Кейс «ДАМП» представляет собой монолитный каркас размеров 60 сантиметров в ширину, 50 сантиметров в длину и 20 сантиметров в высоту. Корпус чемодана сделан из алюминия, что позволяет снизить общий вес комплекта, который составит не более 10 килограмм, включая жгут питания и резиновая трубка.

Кейс оснащен откидной крышкой на защелках, позволяющей обеспечить комфортную и безопасную эксплуатацию и исключить механические деформации элементов лицевой панели кейса, штепсельных разъемов и штуцера.

В состав кейса входят следующие комплектующие:

- 1) блок управления интенсивностью воздушного потока;
- 2) комплект контрольных приборов – датчик скорости и датчик высоты;
- 3) микроконтроллер;
- 4) блок управления – планшетный компьютер (планшет)
- 5) жгут электропитания «СЕТЬ+27В»;
- 6) резиновый коммутационный шланг;
- 7) аварийный аккумулятор - для обеспечения непрерывной бесперебойной работы комплекса и сохранения последних данных, при аварийном и экстренном отключении питания в течении 15 минут.

Лицевая панель кейса включает в себя:

- 1) тумблер включения питания комплекса;
- 2) штуцер подачи давления;

Планшетный компьютер (планшет) - представляет собой устройство с сенсорным экраном, по производительности не уступающий ноутбуку, а по размерам напоминающий увеличенный смартфон. Удобство использования в

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

представляемом комплексе планшета состоит в том, что его оперативная система будет обеспечивать необходимую быстродейственность работы по сбору сигналов и их диагностики, а экран устройства будет достаточно велик, но при этом само оно остаётся легким и компактным.

Связь между планшетным компьютером (планшетом) с кейсом будет осуществляться по беспроводному каналу связи «Bluetooth», что позволит упростить процесс диагностики в режиме реального времени.

2.1.2 Электропитание комплекса

Возможно использование трех типов электропитания комплекса «ДАП» при его эксплуатации: от бортовой сети «+27В», от автономных аккумуляторов и комбинированное электропитание.

Электропитание от бортовой сети «+27В».

К плюсам такого бортового питания можно отнести, то, что он является одним из основных источников электроэнергии на борту воздушного судна. Следовательно, не требуется выполнение адаптации используемых составляющих.

Однако стоит отметить и наличие минусов данного способа подачи электропитания. А это прямая зависимость от стабильной работы бортовой сети. Экстренное или аварийное выключение питания от сети «+27В» во время проведения работ по диагностики анероидно-мембранных приборов на соответствие нормам технических параметров может привести к выходу из строя проверяемых приборов.

Электропитание от автономных аккумуляторов.

Преимуществами автономной аккумуляторной работы говорит за себя их название, то есть обеспечение питания независимого от сети питания. Бесперебойная работа, независимость от каких - либо источников питания являются достоинствами данного варианта.

Рассмотрев этот вариант можно отметить, что недостатки перевешивают достоинства способа обеспечения электропитания комплекса

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Бесперебойное питание должно обеспечиваться на протяжении всего процесса диагностики приборов - это говорит о большой емкости аккумуляторной батареи, что влечет за собой повышение общего объема и веса комплекса. Постоянный контроль за состоянием уровня зарядки аккумулятора только усложнит эксплуатацию. И, конечно же, не стоит упускать такой момент, как увеличение стоимости комплекса.

Комбинированное электропитание.

Основываясь на исследовании и анализе двух выше перечисленных доступных способов обеспечения электропитания комплекса можно сделать вывод, что оптимальным и практичным способом будет реализация комбинированного электропитания.

Совместив, первый и второй способы подачи электропитания, мы можем убедиться в взаимокompенсации недостатков одного преимуществами другого варианта.

Сеть «+27В» борта обеспечит постоянную подачу электропитания комплексу. В случае экстренного и аварийного отключения сети «+27В» автономная аккумуляторная батарейка, имеющая определенную емкость, гарантирует безопасное завершение работы без угрозы потери данных и выхода из строя проверяемых приборов.

Подключение комплекса к бортовой сети будет осуществляться с помощью специального жгута «СЕТЬ 27В» путем подключения его штепсельного разъема (розетки) к разъему борта.

2.1.3 Контрольные датчики

Контрольные датчики, вмонтированные в кейс, являются частью блока управления и служат для контроля интенсивности подачи давления в проверяемые приборы.

Руководствуясь поставленными задачами по упрощению процесса диагностики anerоидно-мембранных приборов, легкостью конструкции и ее

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

эксплуатации, а также уменьшению себестоимости проекта целесообразно использование уже известных нам и описанных датчиков высоты и скорости.

В разработке комплекса мною были задействованы датчики типа ДАС и ДВ-15.

Датчик скорости ДАС предназначен для измерения приборной скорости в диапазоне от 60 до 800 км/с и выдачи сигнала в виде относительного сопротивления в потребители. Конструктивно датчик состоит из герметичного корпуса, внутри которого заключен механизм и жгута со штепсельным разъемом.



Рисунок 10 - Внешний вид датчика скорости ДАС

Датчик высоты ДВ-15 предназначен для измерения высоты полета в диапазоне от 50 до 6000 метров и выдачи соответствующего электрического сигнала на потребители. Конструкция датчика аналогична конструкции датчика скорости.

Датчики ДАС и ДВ-15 эксплуатируются на воздушных судах отечественного производства, зарекомендовали себя как надежная авиационная техника, несущая долгосрочную службу, легки в эксплуатации и обслуживании.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38



Рисунок 11 - Внешний вид датчика высоты ДВ-15

2.1.4 Способы коммутации комплекса с проверяемыми приборами

С помощью гибкой резинового шланга будет производиться коммутация проверяемых датчиков высоты и скорости к кейсу комплекса.

Обращая внимание на то что, принцип действия датчиков имеет одинаковый принцип действия, основанный на изменениях атмосферного давления в зависимости от высоты и скорости, стоит отметить их значительные конструктивные отличия.

То есть штуцеры подачи давления приборов отличны друг от друга. В связи этим требуется применение резинового жгута разного диаметра, что влечет за собой дополнительные экономические затраты и увеличение общего объема и веса кейса.

В связи с этим более целесообразно будет применение специального набора насадок, называемых переходниками, каждый из которых предназначен для коммутации того или иного датчика к кейсу комплекта.

На лицевой панели кейса комплекса располагается штуцер, предназначенный для коммутации кейса комплекса к трубопроводам подачи статического и динамического давлений в системы aneroidно-мембранных приборов. Для осуществления подключения так же имеются свои переходники.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Жгут коммутации должен отвечать следующим требованиям: должен быть гибким и герметичность. Трещины, порезы и другие деформации жгута не допускаются.

2.1.5 Органы управления комплексом

Органом управления всего комплекса для диагностики анероидно-мембранных приборов является планшетный компьютер (планшет) с программным обеспечением.

Планшетный компьютер - представляет собой устройство с сенсорным экраном, по производительности не уступающий ноутбуку, а по размерам напоминающий увеличенный смартфон. Удобство использования в представляемом комплексе планшета состоит в том, что его оперативная система будет обеспечивать нужную быстродейственность работы по сбору данных и их диагностики, а экран устройства будет достаточно велик, но при этом само оно остаётся легким и компактным.

2.1.6. Программное обеспечение

Программное обеспечение комплекса - это программа, которая обеспечит правильное функционирование комплекса, путем его управления через доступный интерфейс.

Управление будет достигаться за счет передачи цифровых сигналов, которые соответствуют значениям проверяемых параметров, через беспроводную связь на микроконтроллер кейса комплекса.

2.2 Разработка структурной схемы системы управления комплекса

2.2.1 Система автоматического управления

Классическая теория автоматического управления немислима без понятия «передаточная функция». Наша модель системы управления не является исключением.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Многие современные направления теории автоматического управления, а также теории оптимальных и адаптивных систем достаточно широко используют аппарат передаточных функций.

От передаточных функций достаточно легко перейти к частотным характеристикам систем и звеньев, что имеет весьма важное значение при рассмотрении вопросов построения и анализа различных фильтров сигналов.

Передаточные функции оказываются весьма удобными при анализе сложных систем, состоящих из большого количества звеньев. Однако им присущи два существенных недостатка:

- во-первых, понятие «передаточная функция» применимо исключительно к линейным системам и звеньям;

- во-вторых, передаточные функции оказываются менее удобными при описании многомерных систем, чем векторно-матричные формы записи дифференциальных уравнений.

Таким образом, элементы системы автоматического управления могут быть описаны либо дифференциальными уравнениями, либо передаточными функциями (в случае рассмотрения линейных систем).

При решении задач синтеза систем автоматического управления весьма распространена ситуация, когда в начале исследования отсутствует математическое описание объекта управления.

Получить его можно двумя принципиальными способами:

- анализируются процессы, протекающие в объекте управления и на основе математического выражения соответствующих законов природы строятся так называемые аналитические математические модели;

- организуют специальный эксперимент по исследованию объекта управления и, анализируя полученные экспериментальные данные, строят эмпирическую математическую модель, которая, в общем, может и не соответствовать реальным процессам, протекающим в объекте, но более или менее точно описывает реакции исследуемого объекта на внешние воздействия.

Второй способ гораздо более часто используется для получения математического описания сложных объектов, однако необходимо помнить, что точность такого описания «гарантирована» только при описании процессов, не выходящих за рамки эксперимента, проведенного при идентификации объекта.

Классическим экспериментом по идентификации линейного объекта управления является подача по нужному каналу единичного ступенчатого воздействия, и регистрация значений изменяющегося выходного сигнала. Полученную таким образом экспериментальную переходную характеристику называют кривой разгона.

Задача поиска передаточной функции объекта управления в этом случае сводится к аппроксимации кривой разгона некоторой аналитической переходной характеристикой, соответствующей по тем или иным соображениям динамике исследуемого объекта.

В качестве критерия выбора предполагаемой аналитической переходной характеристики могут выступать: «похожесть» ее графика на кривую, соединяющую экспериментальные точки, сведения о качественном характере, протекающих в объекте процессов и рекомендации литературных источников по идентификации схожих объектов и др.

Как нам известно, система автоматического управления представляет из себя набор средств и инструментов для решения поставленных задач, таких как автоматическое управление объектами, автоматическое изменение параметров, входных и выходных сигналов, автоматическую регулировку и т.д.

Системы автоматического управления можно поделить на две группы по типу взаимосвязи – это системы разомкнутого вида, то есть без обратной связи и замкнутые – с обратной связью. Широкое распространение получили системы управления, предназначенные для стабилизации определенного параметра. Это значит, что при малейших изменениях значений регулируемого параметра под воздействием каких – либо внешних или внутренних факторов система стремится вернуть значения проверяемого параметра к заданному.

В подтверждении выше изложенного проведем следующий эксперимент.

Произведем проверку барометрического высотомера с применением системы автоматического регулирования и без нее.

В нашем эксперименте и дальнейшей работе по разработке применена система автоматического управления замкнутого типа. Обратная связь выражается в том, что регулируемая величина подаваемого давления воздуха через систему автоматического управления сравнивается с эталонным установочным значением, в результате чего формируется сигнал рассогласования.

На рисунке 13 представлен график зависимости величины подаваемого давления от высоты при диагностике без применения САУ.

При подаче сигнала на электродвигатель блока управления интенсивностью воздушного давления без применения системы автоматического регулирования электродвигатель будет работать на постоянных оборотах вращения, что может привести к избыточному давлению на начальных этапах проверки и недостатку воздуха для создания нужного напора воздуха в процессе дальнейшей работы при проверке. Это может привести к неправильной или неточной проверке на соответствие нормам технических параметров и отказу самого проверяемого прибора.

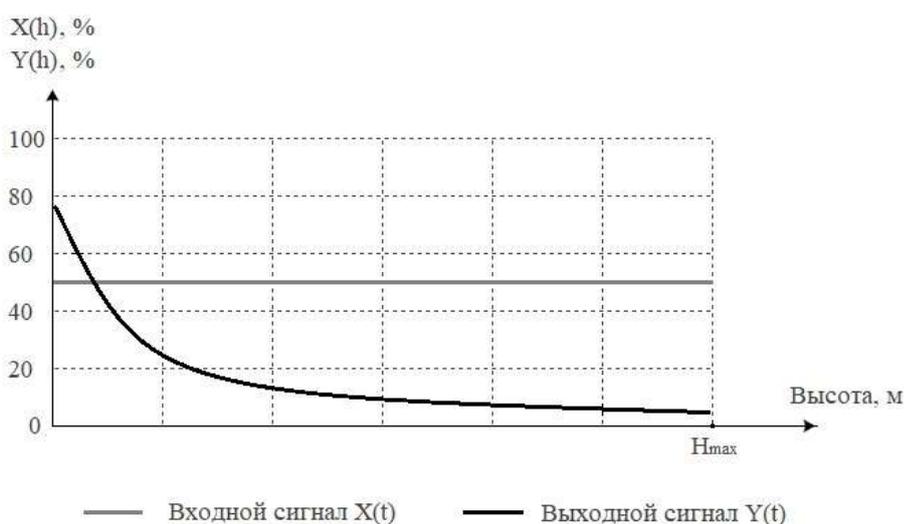


Рисунок 12 – Графики зависимости выходного сигнала от входного. Без применения САУ

Теперь рассмотрим проверку прибора на соответствие нормам технических параметров с включением в схему системы автоматического управления.

На рисунке 14 представлен график зависимости величины подаваемого давления от высоты при диагностике с применением САУ

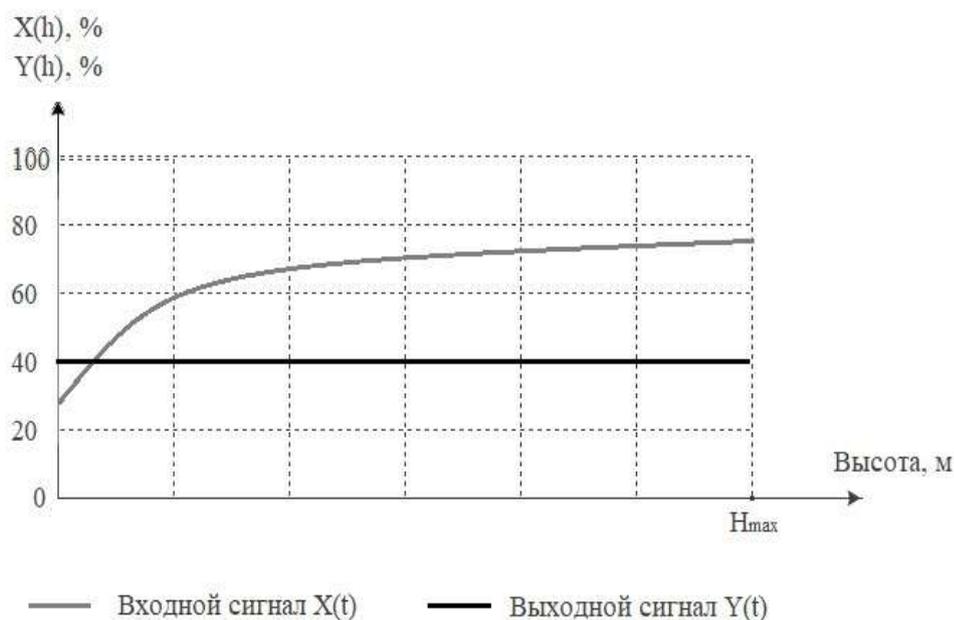


Рисунок 13 – Графики зависимости выходного сигнала от входного с применением САУ

При проведении проверки прибора на соответствие нормам технических параметров на систему автоматического управления оператором подается управляемый входной сигнал. Система автоматического управления в свою очередь выполняет функцию подачи заданного оператором значения потребителю – электродвигателю, и контролирует его величину на протяжении всей проверки на заданной отметке.

Еще одна выполняемая системой автоматического управления функцией является приведение исполнительного механизма в действие при недостаточном давлении воздуха или его избытка. Зная, что для каждой проверяемой отметки высоты соответствует определенное значение давления, можно с уверенностью сказать, что на момент проверки в системе может оказаться избыток или недостаток воздуха, который необходимо будет стравить или нагнать

соответственно. Для этого и существует система управления, которая через контрольный датчик автоматически определяет текущие данные и в зависимости от требуемого давления для произведения проверки производит нагнетание или стравливание воздуха исполнительным механизмом.

Делая вывод из проведенного эксперимента, можно сказать, что применение систем автоматического управления минимизирует риски, связанные с неправильной или неточной проверкой аэродинамических приборов.

Убедившись в необходимости применения системы автоматического управления на примере проведенного эксперимента можно перейти к процессу проектирования структурной схемы САУ комплекса «ДАМП»

С целью разработки структурной схемы управления комплекса определим сам объект управления и управляющее воздействие на данный объект.

Объектом управления является группа анероидно-мембранных приборов на борту воздушного судна.

Управляющим воздействием является давление воздуха и интенсивность его подачи, подаваемое в анероидно-мембранные приборы из воздушной системы.

Основная задача системы управления комплекса - равномерная и постепенная подача или выкачка воздуха с определенной скоростью, то есть интенсивность работы насоса, обеспечивающего данный процесс.

При неравномерной скачкообразной подачи давления в проверяемые приборы появляется риск деформации чувствительных элементов и выхода их из строя, что приводит к новым затратам ресурсов.

При слишком медленной работе насоса, то есть недостаточном давлении, скорость проведения работ по диагностики датчиков может затянуться на долгие часы или вовсе остановиться. А как мы знаем одной из целей разработки является ускорение процесса проверки приборов на соответствие нормам технических параметров с минимальными затратами ресурсов и без риска понижения качества выполняемых работ.

При интенсивности подачи воздуха в проверяемый прибор, превышающей нормы для того или иного проверяемого значения (точки) появляется риск

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

деформации чувствительного элемента, что напрямую сказывается на правильном функционировании агрегата.

Для поддержания стабильной скорости работы насоса, а значит и интенсивности подачи воздушного давления в проверяемый прибор понадобится блок контроля интенсивности воздушного давления (БУИ).

Основываясь на выше изложенном за основу проектирования блока управления интенсивностью воздушного давления взята модель, указанная на рисунке 11.

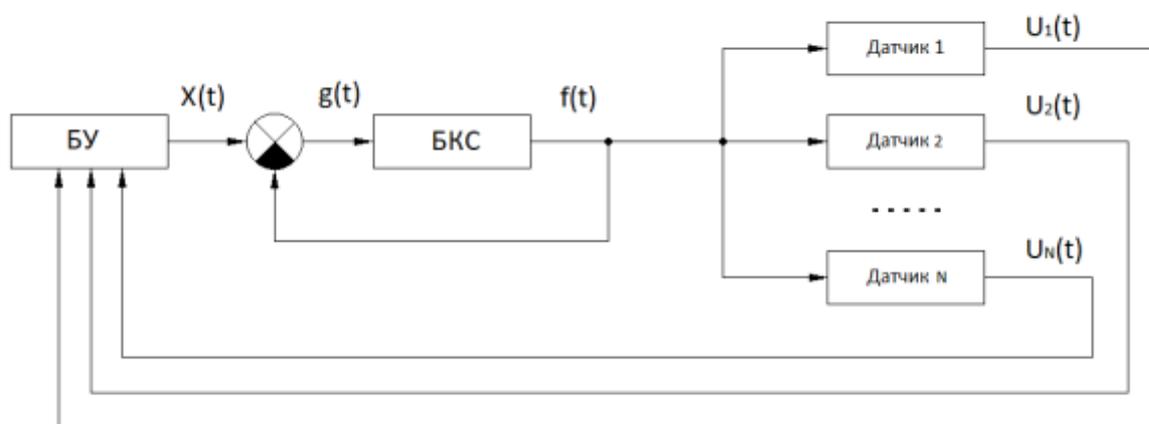


Рисунок 14 – Модель системы управления:

БУ – блок управления; БУИ – блок управления интенсивностью воздушного давления; $x(t)$. – входной сигнал; $f(t)$. - регулируемый сигнал; $g(t)$. - сигнал коррекции; $U_1(t)$, $U_2(t)$, $U_N(t)$ - выходные сигналы

В данной модели, как объект управления можно обозначить интенсивность подачи воздушного давления. Измеряемым параметром – выходные сигналы с контрольных датчиков.

Блок управления БУ подает входной сигнал $x(t)$. Данный входной сигнал $x(t)$ попадает на сумматор, в котором происходит сравнение поступившего сигнала $x(t)$ и регулируемого сигнала $f(t)$. Разность двух сигналов дает нам на выходе сумматора сигнал коррекции $g(t)$, который в свою очередь подается в блок контроля интенсивности воздушного давления. Из блока контроля интенсивности

воздушного давления на вход контрольных датчиков подается уже скорректированный сигнал $f(t)$, где он преобразуется в механизмах датчиков в выходные сигналы $U_1(t), U_2(t), \dots, U_N(t)$. Сбор и анализ выходных сигналов $U_1(t), U_2(t), \dots, U_N(t)$. контрольных датчиков осуществляется блоком управления.

Таким образом взяв за основу выше предоставленную модель системы управления разработаем структурную схему системы управления по отклонению комплекса «ДАМП»

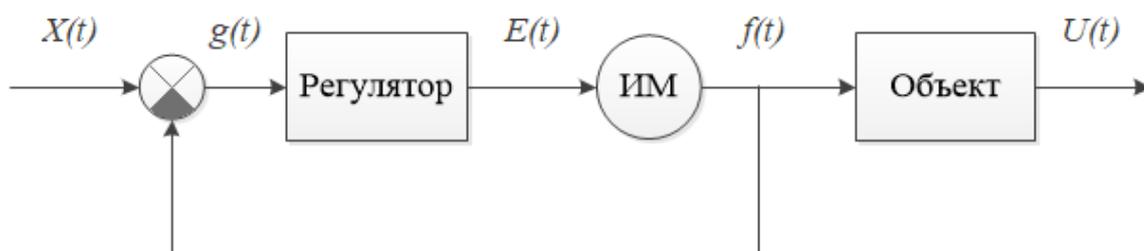


Рисунок 15 – Структурная схема системы автоматического управления комплекса «ДАМП»:

$x(t)$ – установочный сигнал; $g(t)$. - сигнал рассогласования; ИМ – исполнительный механизм; $f(t)$ – скорость изменения давления; $E(t)$ - управляющее воздействие.

В данной системе автоматического регулирования, объектом управления так же выступает интенсивность подачи воздушного давления. Измеряемым параметром – выходной сигнал с проверяемого анероидно-мембранного прибора.

В качестве регулируемой величины выступает скорость возмущения/спадания давления $f(t)$. Посредством обратной связи ее сравнивают с установочным значением $x(t)$. Далее сигнал рассогласования $g(t)$, полученный в результате сравнения регулируемой величины $f(t)$ и установочной $x(t)$ поступает на регулятор, который проработав полученные данные, генерирует управляющие воздействие $E(t)$. В данном случае таким управляющим воздействием $E(t)$ является электрический сигнал, потребителем которого является исполнительный

механизм (ИМ). Исполнительный механизм (ИМ) состоящий из электронасоса выполняет функцию подачи воздушного потока путем вращения электродвигателя на потребители. Потребителями являются проверяемые анероидно-мембранные приборы.

2.2.2 Выбор микроконтроллера

При выборе микроконтроллера в процессе проектирования стоит руководствоваться следующими критериями:

- поставленные задачи не требуют больших мощностей работы;
- подключение периферийных устройств должно обеспечиваться достаточным количеством портов ввода/вывода.

Данным характеристикам и поставленным задачам соответствует микроконтроллер «АТmega128».

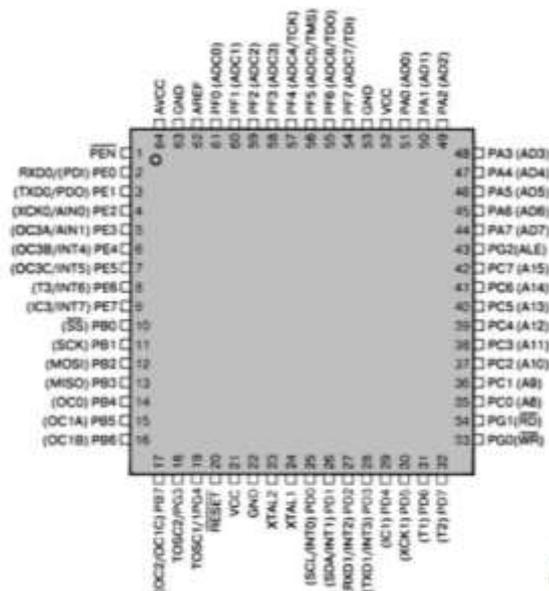


Рисунок 16- Микроконтроллер «АТmega128».

АТmega128 – маломощный 8-разрядный КМОП микроконтроллер, основанный на расширенной AVR RISC-архитектуре. За счет выполнения большинства инструкций за один машинный цикл АТmega128 достигает производительности 1 млн. операций в секунду/МГц, что позволяет

проектировщикам систем оптимизировать соотношение энергопотребления и быстродействия.

Ядро AVR сочетает богатый набор инструкций с 32 универсальными рабочими регистрами. Все 32 регистра непосредственно подключены к арифметико-логическому устройству (АЛУ), который позволяет указать два различных регистра в одной инструкции и выполнить ее за один цикл. Данная архитектура обладает большей эффективностью кода за счет достижения производительности в 10 раз выше по сравнению с обычными CISC-микроконтроллерами.

АТmega128 поддерживается полным набором программных и аппаратных средств для проектирования, в том числе Си-компиляторы, макроассемблеры, программные отладчики/симуляторы, внутрисистемные эмуляторы и оценочные наборы.

АТmega128 содержит следующие элементы: 128 кбайт внутри системно программируемой флэш-памяти с поддержкой чтения во время записи, 4 кбайт ЭСППЗУ, 4 кбайт статического ОЗУ, 53 линии универсального ввода-вывода, 32 универсальных рабочих регистра, счетчик реального времени (RTC), четыре гибких таймера-счетчика с режимами сравнения и ШИМ, 2 УСАПП, двухпроводной последовательный интерфейс ориентированный на передачу байт, 8-канальный 10-разр. АЦП с опциональным дифференциальным входом с программируемым коэффициентом усиления, программируемый сторожевой таймер с внутренним генератором, последовательный порт SPI, испытательный интерфейс JTAG совместимый со стандартом IEEE 1149.1, который также используется для доступа к встроенной системе отладки и для программирования, а также шесть программно выбираемых режимов уменьшения мощности.

2.2.3 Разработка блока управления интенсивностью воздушного потока

Блок управления интенсивностью давления воздушного потока состоит из трех комплектующих:

- блок насосов БН;

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

- электродвигатель;
- цифро – аналоговый преобразователь (ЦАП).

Блок насосов представляют собой пластично – роторный вакуумный насос и компрессор.

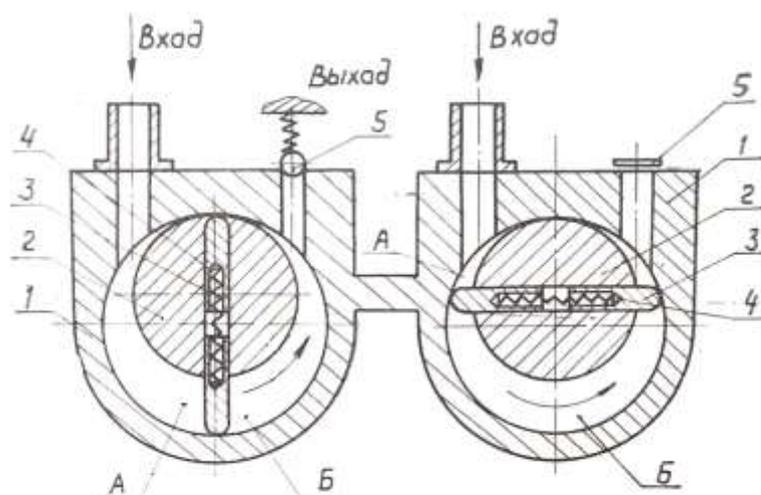


Рисунок 17 - Блок насосный БН:

1 - цилиндр; 2 - ротор; 3 - лопатки; 4 - пружина; А, Б - полости, образованные цилиндром, ротором и торцевыми крышками и разделенные лопатками.

Блоки насосов обеспечивают одновременное создание разрежения и давления в проверяемых системах. собой пластично – роторный вакуумный насос и ротационный компрессор. Вакуумный насос блоков обеспечивает создание разрежения до остаточного давления, компрессор – для создания давления.

Время непрерывной работы блока насосов в температурных условиях от - 30 °С до + 55°С и относительной влажности от 30 до 80% составит не менее 2-х часов. Охлаждение блоков насосов будет осуществляться воздушным методом.

Питание блоков насосов, как и всего комплекса «ДАМП», будет осуществляться постоянным током напряжением 27В.

Электродвигатель блока БУИ предназначенный для приведения в действие блока насосов должен отвечать следующим требованиям:

- иметь встроенный цифро-аналоговый преобразователь.
- мощность -200Вт;
- число оборотов – не менее 2700 об/мин;
- напряжение питания – 27В.

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) – это устройство для преобразования цифрового кода в аналоговый сигнал, такие как, например, напряжение питания, ток и т.д.

Основной задачей цифроаналогового преобразователя будет выступление его в роли стабильного источника напряжения питания

Цифро-аналоговые преобразователи являются интерфейсом между дискретным цифровым миром и аналоговыми сигналами.

Задачей встроенного цифро-аналогово преобразователя является управление или другими словами регулировка скорости вращения электродвигателя.

Воссоединив блок насосов БН, электродвигатель и встроенный ЦАП на выходе мы получим блок управления интенсивностью давления воздуха БУИ.

2.2.4 Выбор устройства управления

Блок управления БУ комплекса «БАМП» - это планшетный компьютер (планшет) оснащенный специальным программным обеспечением.

Основным критерием выбора блока управления является операционная система «Android». Критериями выбора именно данной операционной системе являются ее функциональные способности в соотношении к себестоимости.

Быстродействие системы должно обеспечиваться достаточной оперативной памятью операционной системой, а встроенная флэш – память (ПЗУ) отвечающая за сохранение полученных при диагностике приборов. будет иметь объем не менее 8 Гб.

Не маловажную роль в выборе блока управления играет и вопрос зрительного и тактильного восприятия блока управления, то есть планшета.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Для простоты и удобства эксплуатации планшета необходимо, чтобы он имел оптимальные характеристики, такие как:

- диагональ дисплея – не менее 7 дюймов;
- емкостный сенсорный дисплей, разрешением 1280x800 пикселей;
- аккумуляторная батарея объемом не менее 4000 мАч, обеспечивающая автономную работу на протяжении 8-ми часовой непрерывной эксплуатации;
- Поддержка Multitouch;
- Возможность осуществления коммутации по Bluetooth каналу

2.2.5 Разработка структурной блок-схемы комплекса «ДАМП»

Воссоединив выше описанные модули – блок управления, микроконтроллер, блок управления интенсивностью воздушного давления БУИ, контрольные датчики на выходе мы получим структурную блок-схему разрабатываемого комплекса «ДАМП»



Рисунок 18 - Структурная схема комплекса «ДАМП»:

БУ – блок управления; ББС – блок беспроводной связи; МК – микроконтроллер; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ДВ-15 – датчик высоты; ДАС – датчик скорости; БУИ – блок управления интенсивностью воздушного давления

Оператор, используя устройство управления, состоящее из планшетного компьютера (планшета) с программным обеспечением и встроенным блоком беспроводной связи производит операции по проверке того или иного прибора, тем самым подавая определенный входной сигнал через свой блок беспроводной связи на блок беспроводной связи кейса (блока сбора полетной информации) комплекса по Bluetooth каналу.

Поступивший на блок беспроводной связи кейса сигнал передается в микроконтроллер МК, где обрабатывается и уходит на встроенной цифро-аналоговый преобразователь электродвигателя блока насосов БУИ. Цифровой сигнал проходя через цифро-аналоговый преобразователь электродвигателя преобразуется в сигнал напряжения питания пропорциональный определенному поступающему сигналу. Полученное напряжение питания приводит электродвигатель в движение.

Работающий под воздействием электродвигателя вакуумный насос блоков обеспечивает создание разряжения (стравливания) в системе до остаточного давления, а компрессор - создание (нагнетания) давления.

Потоки воздуха с заданным давлением поступают на контрольные приборы в роли которых выступают датчик высоты ДВ-15 и датчик скорости ДАС.

А как нам известно принцип действия данных датчиков основан на измерении поступающего давления и преобразование его посредством элементов внутренней схемы (щетке, потенциометр) в электрический сигнал снимаемый на выходе. Таким образом подаваемое насосным блоком БУИ давление попадая в контрольные датчики преобразуются в электрический сигнал, который снимается аналого - цифровым преобразователь АЦП.

Преобразованные аналоговые сигналы, полученные на выходе контрольных датчиков, поступают вновь на микроконтроллер, где обрабатываются и сравниваются с заданными значениями, в результате чего мы получаем сигнал рассогласования. Полученный сигнал рассогласования поступит на электродвигатель через встроенный цифро-аналоговым преобразователь. Сигнал

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

напряжения питания на выходе ЦПА приведет в движение электродвигатель, с учетом рассогласований, выявленных микроконтроллером. То есть при избыточном давлении в системе проверки на ЦАП электродвигателя поступит сигнал с микропроцессора о необходимости включения в работу вакуумного насоса для создания разрежения, или компрессора для его создания.

В зависимости от величины подаваемого напряжения электродвигатель будет осуществлять свою работу с определенной мощностью, тем самым задавая направление и темп работы насосного блока.

После прохождения всех ступеней конечный результат в виде давления воздуха будет поступать на проверяемые датчики и указатели (потребители) воздушного судна.

Вывод по разделу разработки диагностической системы анероидно-мембранных приборов.

Изученные и проанализированные данные о наиболее распространённых типах аэродинамических приборов воздушного судна, системе подачи воздушного давления на борт в целом, а также методах проведения диагностики на соответствие нормам технических параметров привели к выводу о том, что существующие способы проверки не совершенны и имеют ряд своих недостатков.

Во второй главе, представленной описывается процесс разработки диагностического комплекса «ДАМП» для проверки анероидно-мембранных приборов, который позволит реализовать проверку анероидно – мембранных приборов на соответствие норм технических параметров.

На начальном этапе разработки первостепенно были выделены цели разработки и решаемые ею задачи. А также описан инструмент для реализации поставленных задач.

Разработаны структурная схема системы автоматического управления для определенного объекта управления, выбраны элементы коммутации, выбраны контрольные датчики. рассмотрен и описан блок контроля и регулировки воздушного давления, а также блок управления с требуемыми характеристиками.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Использованные при разработке комплекса «ДАМП» комплектующие модули в совокупности друг с другом смогут обеспечить осуществление внедрения и выполнения новой методики диагностики аэродинамических приборов воздушного судна.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ

3.1 Требования по разработке программ для планшета и микроконтроллера

Задача – написать программы для планшетного компьютера и микроконтроллера.

Основные требования к программе для планшетного компьютера:

- У программы должен быть удобный интерфейс, во время диагностики оператор должен видеть ее полный ход, поэтому программа должна отображать в виде графиков все протекающие процессы.
- По окончании диагностики оператору должны будут предоставлены аналитические расчетные данные, по результатам которых будет выдан вердикт о пригодности или не пригодности для дальнейшей эксплуатации того или иного датчика.

Требование к программе микроконтроллера:

- Микроконтроллер самостоятельно должен поддерживать в рабочем режиме процесс диагностики.
- Полученные с датчиков данные, должен отправлять на планшет, для дальнейшей их обработки.

3.2 Работа программы для микроконтроллера

Одна из главных задач контроллера - это поддерживать заданную оператором автоматическую систему управления в рабочем режиме. Для решения данной снова посмотреть на САУ с точки зрения процессора. Данная схема представлена на рисунке 19.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

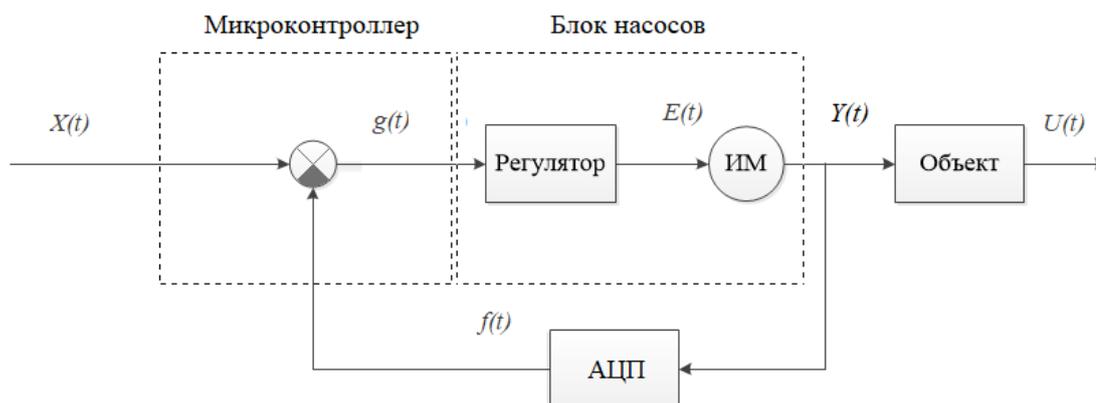


Рисунок 19 – Модель системы автоматического регулирования

Как видно из рисунка на микроконтроллер поступают два сигнала, $x(t)$ – установочный сигнал, задаваемый оператором и $f(t)$ – текущая скорость изменения давления. На выходе микроконтроллер должен послать сигнал рассогласования $g(t)$ на регулятор. Понятно, что сигнал $g(t)$ равен:

$$g(t) = x(t) - f(t)$$

В физическом плане $g(t)$ представляет собой восьми битный сигнал на выходе одного из портов ввода/вывода МК. Соответственно $g(t)$ может принимать значения от 0 до 255. Экспериментальным путем было установлено, что при покачивании всей воздушной системы вертолета и одновременном поддержании максимально допустимой вертикальной скорости (30 м/с) максимальное значение сигнала $g(t)$ составило 170, что составляет 67% от максимального значения. Значит можно сделать вывод что все компоненты системы были подобраны верно.

```
int PspeedNow;    // сигнал - f(t)
int PspeedSet;    // сигнал - X(t)
int dPspeed;      // сигнал - g(t)
```

```
PspeedSet = Update_PspeedSet();
PspeedNow = Update_PspeedNow();
dPspeed = PspeedSet – PspeedNow;
SetControlPressure(dPspeed);
```

В данном коде функцией Update_PspeedSet обновляет скорость потока давления установленное оператором, Update_PspeedNow обновляет текущую скорость. SetControlPressure – устанавливает новый сигнал рассогласования.

Т.к. микроконтроллер может выполнить этот код тысячи раз за секунду, то из-за этого переходные процессы просто не успевают установиться, в итоге система САУ не устойчива. Для этого на код авторегулировки нужно поставить задержку. Известно, что время переходных процессов для данной системы составляет не менее двух секунд. Экспериментальным путем найдем оптимальную задержку для исполнительного кода, она составила 30 мс. Напишем код задержки.

```
int NewTime;
int LastTime;

NewTime = GetTime();
if (NewTime – LastTime > 30)
{
    LastTime = NewTime;

    // здесь будет размещен код авторегулировки
}
```

Функция GetTime возвращает значение текущего времени в миллисекундах. Каждый раз, когда будет исполнен код авторегулировки, переменная LastTime будет принимать значение текущего времени. Соответственно код регулировки сможет быть выполнен только тогда, когда разность текущего времени и предыдущего составит более 30мс.

У блока насосов есть два режима: режим вакуума и режим давления. Переключение режимов осуществляется подачей низкого или высокого уровня, на одной из ножек порта ввода/вывода МК. Для удобства напомним специальную функцию – PumpMode и специальные макросы. Ниже показан пример работы этой функции.

```
#define Vacuum  0
#define Pressure 1
//-----
PumpMode(Vacuum); // пример работы блока насосов
                  //в режиме “вакуум”

PumpMode(Pressure); // пример работы блока насосов
                   //в режиме “давление”
```

У комплекса «ДАМП» есть два встроенных датчика и 4 внешних и все они подключены к одному АЦП. В свою очередь АЦП соединён по последовательному интерфейсу I2C с микроконтроллером. Напишем специальную функцию UpdateData(), при выполнении ее микроконтроллер по интерфейсу I2C считывает данные и запишет их в массив данных DeviceData. Т.к. АЦП 16-разрядный, поэтому массив будет тип unsigned int. Ниже показано как объявлены глобальный массив и функция.

```
unsigned int DeviceData[6];  
void UpdateData();
```

Функция CheckNetwork соединяется по беспроводному протоколу блютуз соединяется с планшетом и обменивается с ним данными. Микроконтроллер передает информацию, полученную с датчиков и текущее значение воздушного потока. В свою очередь программа на планшете задает режим работы МК.

Есть три режима работы МК: калибровка, проверка датчиков высоты, проверка датчиков скорости. В режиме проверки калибровки МК получает новые калибровочные данные с планшета и записывает их во флэш память. Основные режимы работы проверка высоты/скорости, здесь задача следующая, соблюдая скорость воздушного потока нужно рассчитать текущую высоту/скорость и переслать ее на планшет. Полный код находится в приложении А.

3.3 Разработка интерфейса для планшетного компьютера

Основное назначение данного программного продукта — это проводить сбор данных с датчиков, находящихся на борту ВС. Помимо сбора данных, нужно произвести их анализ на соответствие параметрам техническим условиям. Но анализ некоторых характеристик невозможно провести в режиме реального времени, возможность их проанализировать появится только после того как все данные будут получены. Поэтому программа как минимум должна работать в двух режимах: режим диагностики и режим анализа данных.

Не стоит забывать, что anerоидно-мембранные датчики должны калиброваться не реже чем один раз в два месяца. Значит нужно предусмотреть дополнительно режим калибровки.

Подведем итог, у программы должно быть три режима

- режим диагностики
- режим анализа
- режим калибровки

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Основное назначение данного программного продукта — это проводить сбор данных с датчиков, находящихся на борту ВС. Помимо сбора данных, нужно произвести их анализ на соответствие параметрам техническим условиям. Но анализ некоторых характеристик невозможно провести в режиме реального времени, возможность их проанализировать появится только после того как все данные будут получены. Поэтому программа как минимум должна работать в двух режимах: режим диагностики и режим анализа данных.

Не стоит забывать, что anerоидно-мембранные датчики должны калиброваться не реже чем один раз в год. Значит нужно предусмотреть дополнительно режим калибровки.

Подведем итог, у программы должно быть три режима

- режим диагностики
- режим анализа
- режим калибровки

3.3.1 Интерфейс главного меню

При запуске программы, оператор увидит главное меню, в котором будут все три режима. На рисунке 20 показано как будет выглядеть главное меню.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 20 – Главное меню программы.

3.3.2 Интерфейс режима диагностики

В режиме диагностики программа выдаст оператору сообщение о подключение по беспроводному каналу к кейсу БСПИ (Рисунок 21). И пока соединение не установится, сообщение не уйдет с экрана

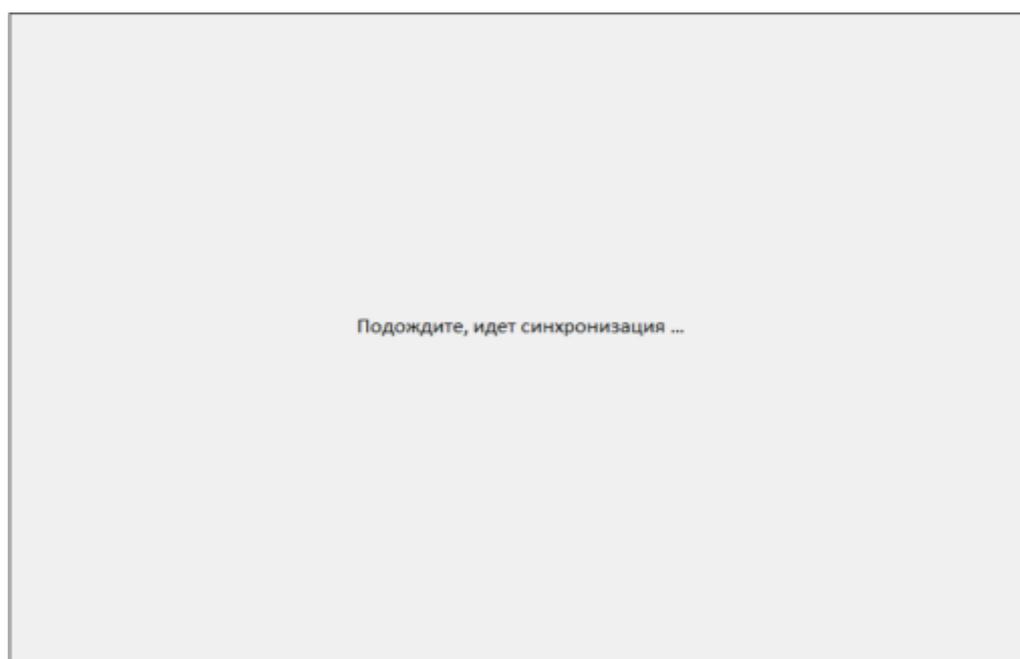


Рисунок 21 – Сообщение, выдаваемое оператору при подключении к БСПИ

После синхронизации, оператору откроется меню выбора диагностируемых датчиков. Оператор должен поставить галочку напротив каждого датчика, который будет участвовать в процессе диагностики. Нужно отметить, что диагностика одновременно датчиков высоты и скорости не допустима. Поэтому есть отдельные кнопки «начать диагностику датчиков скорости» и «начать диагностику датчиков высоты». После того, как оператор нажмет одну из кнопок, программа проверит что все необходимые поля заполнены и приступит непосредственно к процессу диагностики. Вид меню выбора датчиков показан на рисунке 22.

Здесь будет краткая инструкция, как правильно подключить и настроить оборудование на ВС

Датчики скорости				Датчики высоты			
<input type="checkbox"/>	УС-450	№	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	ВД-10	№	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	ДАС	№	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	ДВ-15	№	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	ДВС-24	№	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	КВ-11	№	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	КЗСП	№	<input type="text"/>				
<input type="button" value="Начать диагностику датчиков скорости"/>				<input type="button" value="Начать диагностику датчиков высоты"/>			

Рисунок 22 – Меню выбора диагностируемых датчиков

В процессе диагностике оператору будет доступна возможность изменять скорость воздушного потока. Так же оператору будут показаны графики, на которых он сможет видеть все происходящие процессы. Для экстренного завершения диагностики, предусмотрена кнопка одноименная кнопка. На рисунке 23 показано диалоговое меню процесса диагностики.

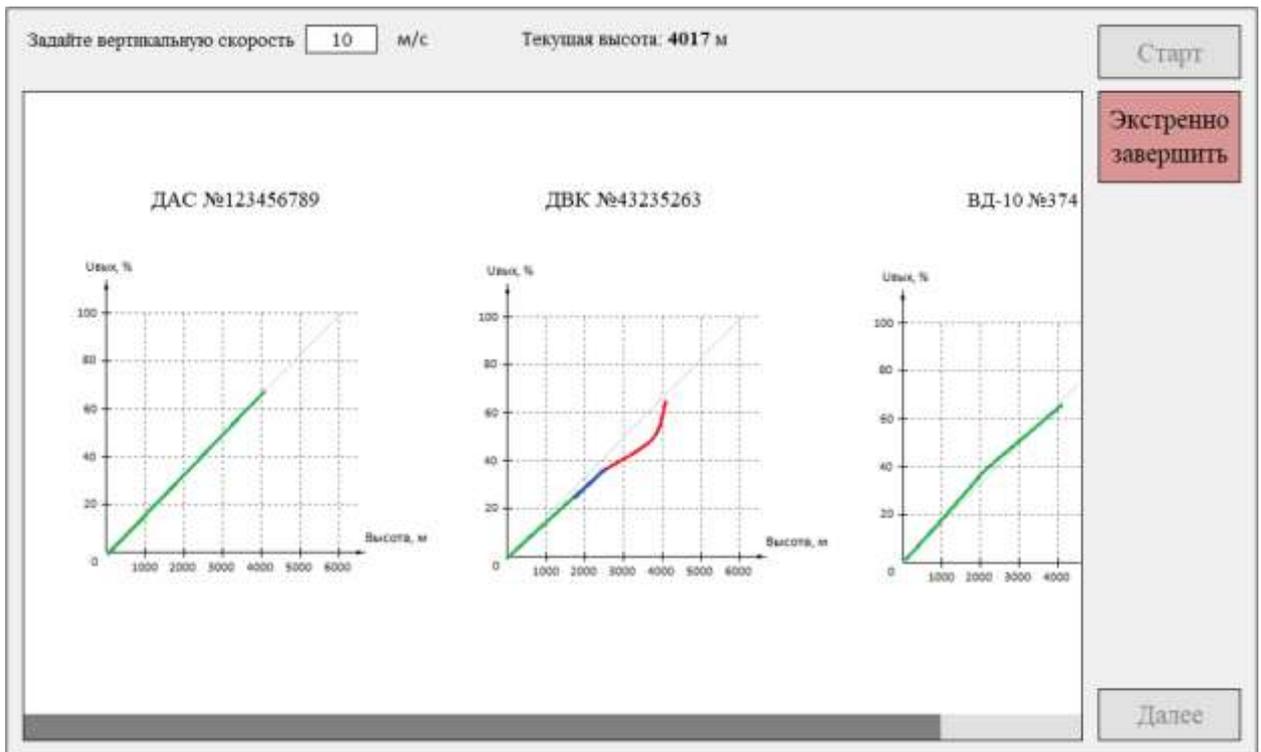


Рисунок 23 – Диалоговое меню процесса диагностики

По окончании процесса диагностики оператору будут открыться окно анализа диагностики (Рисунок 24) предоставлены обработанные данные в виде графиков. Каждый график будет рисоваться тремя цветами: зеленый, синий и красный. Зеленым цветом будем рисовать ту часть графика, где параметры соответствуют нормам технических параметров (НТП). Синим – на границе НТП. И красным цветом часть графика, которая не соответствует НТП. Проанализировав результат полученных графиков, программа выдаст результат на о пригодности эксплуатации исследуемого прибора.

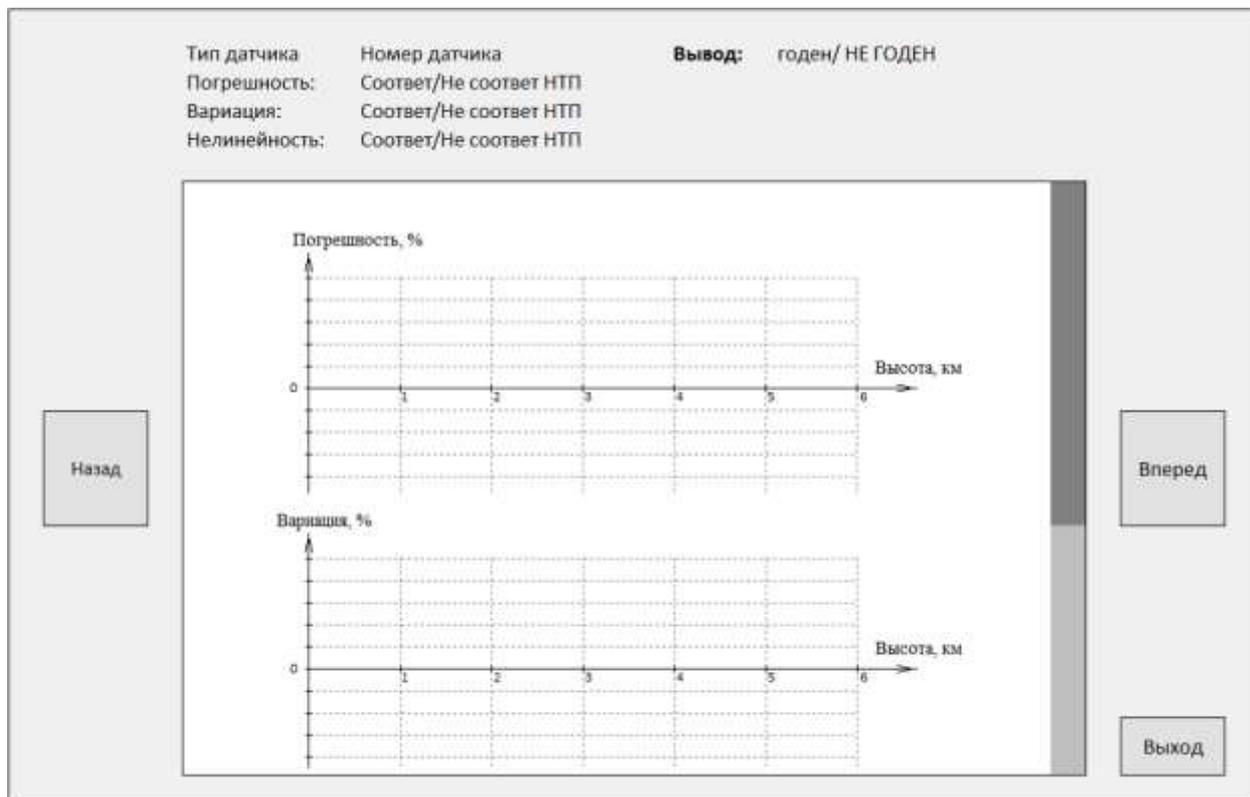


Рисунок 24 - Диалоговое окна анализа диагностики

По окончании процесса диагностики, все полученные данные будут автоматически сохранены в файле на планшете. Для каждого датчика выделяется свой отдельный файл. Имя файла будет создаваться автоматически и будет состоять из типа датчика и его номера, таким образом мы гарантируем уникальное имя. Например, был исследован прибор ДАС с номером 123456789, тогда создастся файл с именем ДАС_123456789.amr. Данные записываются в текстовом формате в виде таблицы, состоящий из трех колонок. В первую колонку записывают значение высоты или скорости, во вторую и третью значения, считанные с прибора при прямом и обратном ходе соответственно.

3.3.3 Интерфейс режима калибровка

Не реже чем один раз в год, все контрольные анероидно-мембранные приборы должны проверяться на соответствие норм технических требований, а также проводить калибровку. Для комплекса «ДАМП» такую проверку можно провести при помощи точного лабораторного оборудования.

После того как оператор нажмет в главном меню кнопку «Калибровка системы» откроется меню выбора датчика, который мы хотим откалибровать, рисунок 25.

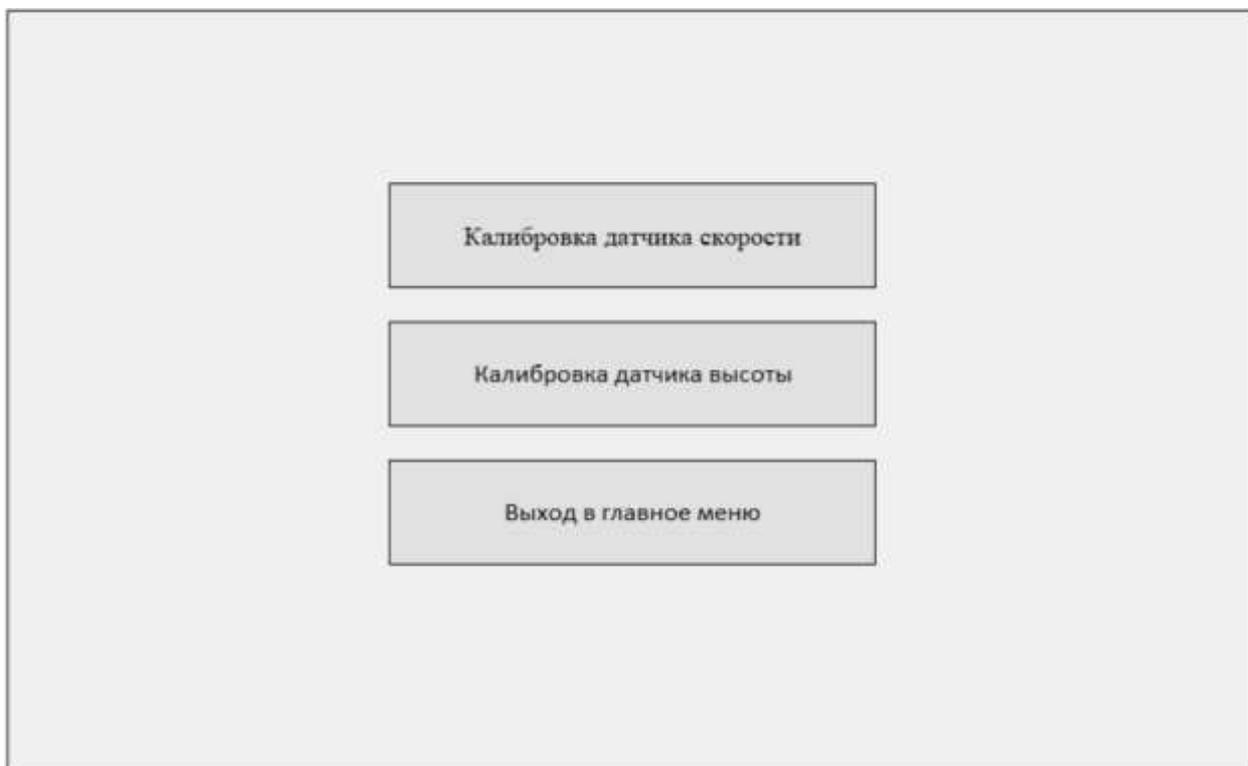


Рисунок 25 – Меню калибровки

Далее в ход вступает лабораторное оборудование, при помощи него задаем давление соответствующие давлению высоты/скорости из калибровочной таблицы. В ответ оператор получает значение с датчика высоты/скорости, которое нужно записать в соответствующую колонку. После того как все поля будут записаны, необходимо нажать кнопку “Сохранить”. Программа автоматически проведет самодиагностику датчика и запишет калибровочные значения. На рисунке 26 показано диалоговое окно калибровки для датчика высоты.

Здесь будет инструкция по калибровке датчика высоты

Сохранить новые значения

Выйти

Текущие значение датчика высоты: 0,00 %

Контрольная точка, м	Значени при прямом ходе, %	Калиброванно е значение, %	Контрольная точка, м	Значени при обратном ходе, %	Калиброванное значение, %
0	11,3		0	11,3	
300	15,17		300	15,17	
600	19,04		600	19,04	
900	22,91		900	22,91	
1200	26,78		1200	26,78	
1500	30,65		1500	30,65	
1800	34,52		1800	34,52	
2100	38,39		2100	38,39	
2400	42,26		2400	42,26	
2700	46,13		2700	46,13	
3000	50		3000	50	
3300	53,87		3300	53,87	
3600	57,74		3600	57,74	
3900	61,61		3900	61,61	
4200	65,48		4200	65,48	
4500	69,35		4500	69,35	

Рисунок 26 – Диалоговое окно калибровки датчика высоты

3.4 Алгоритмы обработки данных

После того, как будут получены данные при прямом и обратном ходе, их нужно обработать. Обработка происходит по нескольким алгоритмам.

Тарировочная кривая – это средне арифметическое значение между прямым и обратным ходом. Определяется по следящей формуле:

$$T_{i \text{ расчетное}} = (H_{i \text{ П.Х.}} + H_{i \text{ О.Х.}}) / 2 . \quad (3.1)$$

где $H_{\text{П.Х}}$ – значение высоты, полученное при прямом ходе, %;

$H_{\text{О.Х}}$ – значение высоты полученное при обратном ходе, %.

Погрешность измерений тарировочной кривой – определяется как значение отклонение расчетной тарировочной кривой от истинной. Для каждой контрольной точки допустимое значение погрешности разное. Определяются по формуле:

$$dT_i = T_{i \text{ расч}} - T_{i \text{ ист}} \quad (3.2)$$

где $T_{\text{расч}}$ – расчетное значение тарировочной кривой, %;

$T_{\text{ист}}$ – истенное значение тарированной кривой, %.

Вариация показаний – разность между прямым и обратным ходом. Допустимые значения вариации на все диапазоне разные. Определяется по формуле:

$$V_{i \text{ расчет}} = H_{i \text{ П.Х.}} - H_{i \text{ О.Х.}} \quad (3.3)$$

где $H_{\text{П.Х}}$ – значение высоты, полученное при прямом ходе, %;

$H_{\text{О.Х.}}$ – значение высоты полученное при обратном ходе, %.

Рассмотрим пример датчика высоты с дефектом. Одним из наиболее часто встречающихся дефектов является заедание механизма, вследствие его засорения. Графики полученных значения при прямом и обратном ходе будут иметь следующий вид (Рисунок 27):

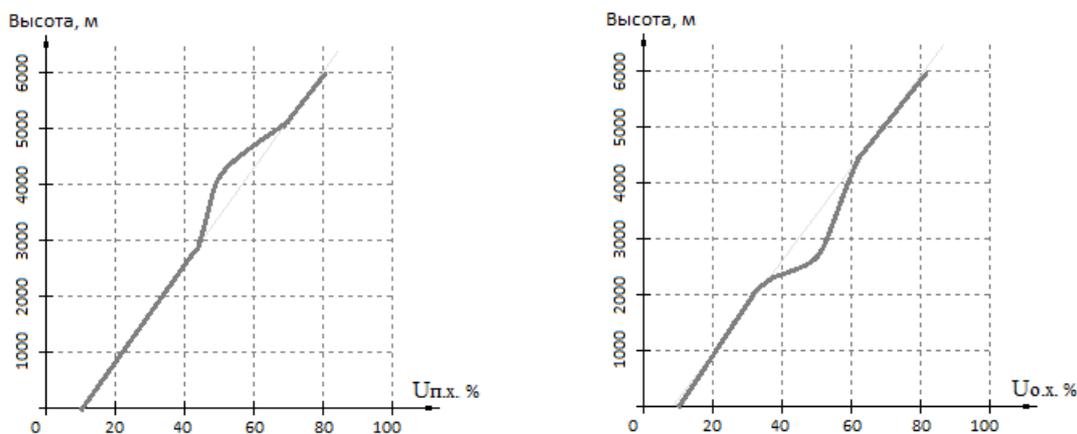


Рисунок 27 – Входные данные дефектного датчика высоты

Как видим из рисунка, линейность графиков нарушена. Теперь по формуле 3.1 построим график тарировочной кривой (Рисунок 28).

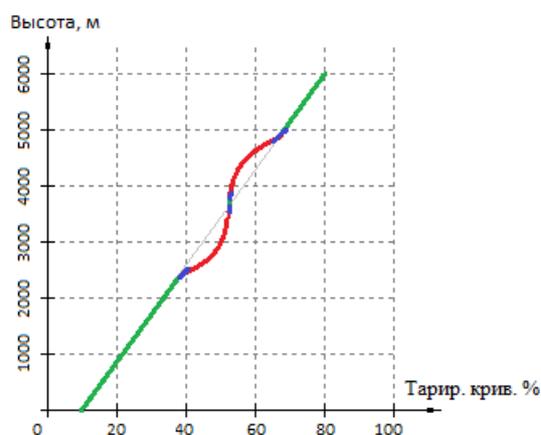


Рисунок 28 – График тарировочной кривой

Линейность тарировочной кривой нарушена и оператору визуально будет легко определить дефект. Места где параметры не соответствовали НТП, на графике обозначены красным цветом.

На рисунке 29 изображен график погрешности тарировочной кривой, построенный по формуле 3.2. На рисунке 30 изображен график вариации, рассчитанный по формуле 3.3 будет построен график погрешностей.

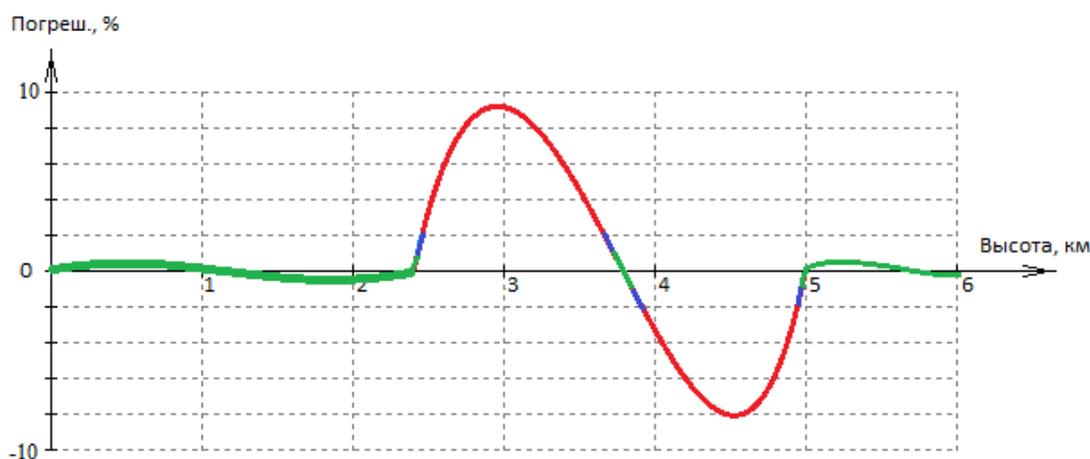


Рисунок 29 – График погрешности тарировочной кривой

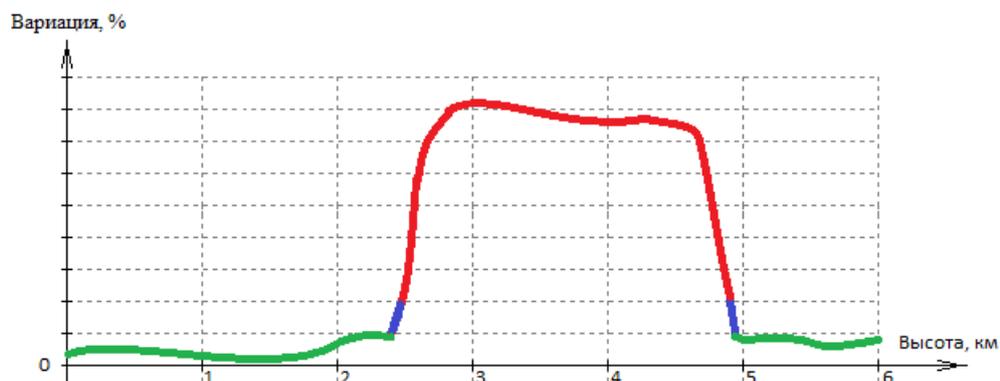


Рисунок 30 – График вариации

Проанализировав графики, программа выдаст сообщение о дальнейшей пригодности или не пригодности на борту воздушного судна. В данном примере во всех трех алгоритмах обработки были зафиксированы параметры не соответствующие НТП, следовательно программа выдаст результат, о том что прибор не годен.

Вывод

Современные компьютеры (в том числе планшеты) - это очень мощный и гибкий вычислительный инструмент. Использование его в области диагностики значительно упрощает процесс анализа данных, также исключает ошибки, связанных с человеческим фактором. А самое главное если задаться целью, то можно построить более совершенный комплекс, который будет проверять не только анероидно-мембранные приборы, но и все остальное оборудование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан комплекс «ДАМП» для проверки анероидно – мембранных приборов на соответствие нормам технических параметров для вертолетов типа МИ – 8 и их модификации. Данный комплекс исключил ряд не нужных организационных действий. Разом проверяются все имеющийся АМП-приборы на борту.

В таблице 4 приведены характеристики методов проверки используемого сейчас и разработанного.

Таблица 4 – Время затраченное на проверку АМП оборудования

Методы проверки	Вид работы	Затраты чел/ч	Продолжительность выполнения работ, в днях
Используемый сейчас	<ul style="list-style-type: none">- Демонтаж датчиков- Монтаж датчиков- Перемещение в комплектровку КРВ- Перемещение в комплектровку АиРЭО- Перемещение в лабораторию АиРЭО- Перемещение в комплекс сборки вертолетов- Проверка на соответствие НТП каждого датчика по отдельности	24	5
Разработанный	<ul style="list-style-type: none">- Проверка всех датчиков	1	1/8

Главным преимуществом комплекса «ДАМП» является его быстроедействие. За один час делается вся работа, которая ранее могла растянуться на 5 и более дней.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Гаськевич, А.В. Навигационно-пилотажные приборы. Анероидно-манометрическая группа. / Ю.А. Гаськевич, А.В. Калашников, Н.Ф. Кальнкин, З.З. Мирошкина, О.Н. Мыльникова, Г.М. Лафазан, В.П. Сельдякова, А.И. Шехтман. – М.: Машиностроение, 1973. – 389 с.

2 Дмитриев, С.П. Информационная надежность, контроль и диагностика навигационных систем. / С.П. Дмитриев, Н.В. Колесов, А.В. Осипов. – СПб.: ГНЦ РФ – ЦНИИ Электроприбор, 2003. – 207 с.

3 Колодежный, Л.П. Надежность и техническая диагностика. Учебник для слушателей и курсантов ВУЗов ВВС / Л.П. Колодежный, А.В. Черnodаров. – М.: Изд.ВВА им.проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, 2010. – 452 с.

4 Баранов, В.Р. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы, 2-е изд. испр. – М.: Додэка-XXI, 2006. – 288 с.

5 Белов, А.В. Микроконтроллеры AVR в радиолюбительской практике. – СПб.: Наука и Техника, 2007. – 352 с.

6 Белов, А.В. Конструирование устройств на микроконтроллерах. – СПб.: Наука и Техника, 2005. – 256 с.

7 Белов, А.В. Микроконтроллеры AVR: от азов программирования до создания практических устройств. – СПб.: Наука и Техника, 2016. – 544 с.

8 Харди, Б. Программирование под Android. / Б.Харди, Б.Филлипс– СПб.: Питер, 2014. – 582 с.

8 Коматинени, С. Android 4 для профессионалов. Создание приложений для планшетов, компьютеров и смартфонов. / С.Коматинени, Д.Маклин – СПб.: Питер, 2012. – 880 с.

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Листинг программы управления

```
// Подключаем собственную библиотеку, в которой уже
// подключены все стандартные библиотеки,
// а также подключены собственные,
// описание разработанных функций будет ниже
#include <my_lib.h>

// void PumpMode(char mode); - это функция управляет режимом блока
//                               насоса если занести внутрь функции 0, то
//                               будем работать в режиме вакуум, если 1
//                               то работаем в режиме давление
//
// int PumpMode();  Данная функция возвращает значение в каком
//                   режиме мы работаем
//
// #define Vacuum 0    чтобы не запутаться в работе, для удобства
// #define Pressure 1  напишем специальные макросы режимов

//char Processor_Mode;      Переменная, в нутри которой записываем
//#define overwatch_mode 0  в каком режиме работает микроконтроллер
//#define speed_mode 1     существуют несколько режимов:
//#define height_mode 2    режим ожидания, проверки скорости,
//#define calibration_mode 3 проверки высоты и калибровки

//char direction_mode;
//#define non 0
//#define forward_speed 1
//#define reverse_speed 2
//#define forward_height 4
//#define reverse_height 8
```

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

```

//unsigned int DeviceData[6];Массив данных, в который будут записаны
//
//                               данные считанные с датчиков
//
//void UpdateData();           функция, выполнив которую мы обратимся
//                               к АЦП и по интерфейсу I2C, считаем данные
//                               с датчиков и запишем результат в массив
//                               DeviceData
//#define dSpeed 0
//define dHeight 1           Первая ячейка массива зарезервирован для
//#define d_1 2               внутреннего комплексно датчика скорости,
//#define d_2 3               вторая для датчика высоты
//#define d_3 4               в остальные будут записаны результат
//#define d_4 5               проверяемых датчиков на вертолете

//int ZeroHeight;           в данную переменную будет записано значения
//                               атмосферного давления, т.е. при завершении
//                               проверки высоты нужно выставить не нулевое
//                               значение, а значение, которое было до
//                               подключения установки «ДАМП»

//void init(); функция инициализации, при влечении микроконтроллера
//                               происходит его полная настройка

//void CheckNetwork();       проверяет наличие сообщений от оператора

//int GetTime();            Получает текущие время, в миллисекундах
//int Delay(int ms);         // Задержка времени

//int PspeedNow;           // сигнал - f(t)
//int PspeedSet;           // сигнал - X(t)
//int dPspeed;             // сигнал - g(t)

```

```

//int Update_PspeedSet();      Получить значение воздушного потока
//                               которое задал оператор
//int Update_PspeedNow();      Текущие значение воздушного потока

//void SetControlPressure(int StereamPressure)   Подаваемый сигнал
//                                               на электродвигатель

//void SendData(char param, int data); функция передачи данных
//                               на планшет

//int DefineHeight(); приводит данные полученные с АЦП, в понятный
//int DefineSpeed();      вид для планшета

//void AutoControl(); функция САУ
//void ResetAutoControlPump(); сброс параметров САУ

//char DiagnosticsStage; в эту переменную записывается этап,
//#define prestart 0      диагностики, на котором мы сейчас
//#define start 1        находимся
//#define middle 2       существуют несколько этапов: этап
//#define end 3          настройки, этап проверки при прямом ходе,
//#define zero_condition 4 при обратном ходе, завершение проверки
//#define exta_end 5     и экстренное завершение проверки

//void OpenValveH();
//void CloseValveH();
//void OpenValveS();
//void CloseValveH();

//void CheckNetwork(); обработка сообщений с планшета
    
```

```
int main()
{
init(); // инициализация

Processor_Mode = non_mode; // выставаем режим работы МК
                        // в режим ожидания

char direction_mode;
int data;
int ZeroHeight;

UpdateData(); // записываем значения текущего
ZeroHeight = DefineHeight; // атмосферного давления

while (1)
{
    CheckNetwork();
    switch (Processor_Mode)
    {

// режим ожидания
case overwatch_mode:
    CheckNetWork();
    break;

// режим проверки скорости
case speed_mode:
    if(Delay(50) == 0) break;
    switch (DiagnosticsStage )
    {
```

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

```
case prestart:
    OpenValveS();
    PumpMode(Pressure);
    UpdateData();
    DiagnosticsStage = start;
    ResetAutoControlPump();
    SendMessage(SpeedBegin);
    break;

case start:
    AutoControlPump();
    UpdateData();
    data = DefineSpeed();
    SendData(sdSpeed, data);
    if( data > 460)
    {
        DiagnosticsStage = middle;
        ResetAutoControlPump();
        SendMessage(SpeedMiddle);
        PumpMode(Vacuum);
    }
    break;

case middle:
    PumpMode(Vacuum);
    AutoControlPump();
    UpdateData();
    data = DefineSpeed();
    SendData(sdSpeed, data);
    if( data < 50)
    {
        DiagnosticsStage = end;
        ResetAutoControlPump();
    }
}
```

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

```
        SendMessage (SpeedEnd) ;
    }
    break;

case zero_condition: break;

case end:
    CloseValveS();
    Processor_Mode = overwatch_mode;
    SendMessage (ProcessorOverwatch)
    break;

case exta_end:
    if(PumpMode() == Pressuer)
    {
        PumpMode (Vacuum) ;
        ResetAutoControlPump();
    }
    SendMessage (SpeedExtraEnd)

    data = DefineSpeed();
    if(data<50)
    {
        ResetAutoControlPump();
        Processor_Mode = overwatch_mode;
        CloseValveS();
        SendMessage (SpeedExtraEndSuccess)
    }
}
break;

// режим проверки высоты
case height_mode:
    if(Delay(50) == 0) break;
```

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

```
switch ( DiagnosticsStage )
{
case prestart:
    OpenValveH();
    PumpMode (Pressure);
    AutoControlPump();
    UpdateData();
    if( DefineHeight() < -100 )
    {
        DiagnosticsStage = start;
        ResetAutoControlPump();
        SendMessage (HeightBegin);
    }
    break;

case start:
    PumpMode (Vacuum);
    AutoControlPump();
    UpdateData();
    data = DefineHeight();
    SendData (sdHeight, data);
    if( data > 6100)
    {
        DiagnosticsStage = middle;
        ResetAutoControlPump();
        SendMessage (HeightMiddle);
    }
    break;

case middle:
    PumpMode (Pressure);
    AutoControlPump();
    UpdateData();
    data = DefineHeight();
```

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

```
SendData(sdHeight, data);
if( data < -100)
{
    DiagnosticsStage = zero_condition;
    ResetAutoControlPump();
    SendMessage(HeightEnd);
}
break;

case zero_condition:
    PumpMode(Vacuum);
    AutoControlPump();
    UpdateData();
    data = DefineHeight();
    if(data>ZeroHeight)
    {
        DiagnosticsStage = end;
        ResetAutoControlPump();
    }
    break;

case end:
    CloseValveH();
    Processor_Mode = overwatch_mode;
    SendMessage(ProcessorOverwatch)
    break;

case exta_end:
    SendMessage(HeightExtraEnd)
    data = DefineHeight();
    if(data>ZeroHeight && PumpMode()==Vacuum)
    {
        ResetAutoControlPump();
        PumpMode(Pressure);
    }
}
```

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

```
if(data>ZeroHeight && PumpMode()==Pressure)
{
    AutoControlPump();
    UpdateData();
    data = DefineHeight();
    if(data<ZeroHeight)
    {
        SendMessage(HeigthExtraEndSuccess)
        CloseValveH();
        Processor_Mode = overwatch_mode;
        ResetAutoControlPump();
    }
}

if(data<ZeroHeight && PumpMode()==Vacuum)
{
    ResetAutoControlPump();
    PumpMode(Pressure);
}
break;
}
break;

// режим калбировки
case calibration_mode:
    break;
}

return 0;
}
...
```

					09.03.01.2019.780.00 ПЗ	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		