



КОНКУРСНАЯ РАБОТА

в номинации: «За успехи в создании систем и агрегатов для авиастроения»

в конкурсе «Авиастроитель года» по итогам 2023 года

**«Разработка испытательного стенда системы
автоматического регулирования давления
самолета SSJ-NEW»**



1. СОИСКАТЕЛЬ

АО ПКО «Теплообменник» в лице генерального директора - главного конструктора - Тягинькина Виктора Викторовича.

2. НАИМЕНОВАНИЕ РАБОТЫ (ТЕМЫ):

Разработка испытательного стенда системы автоматического регулирования давления самолета SSJ-NEW.

3. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Испытательный стенд системы автоматического регулирования давления (САРД) разработан для проведения стендовых испытаний САРД самолета SSJ-NEW на базе АО ПКО «Теплообменник».

4. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ В ХОДЕ ПРОЕКТА

Испытательный стенд системы автоматического регулирования давления самолета SSJ-NEW предназначен для:

- проверки работоспособности САРД;
- проведения стендовых испытаний САРД;
- отработки алгоритмов управления и контроля САРД;
- проверки работоспособности САРД при имитации отказов.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Разработанный испытательный стенд системы автоматического регулирования давления самолета SSJ-NEW в соответствии с проведенными предварительными испытаниями отвечает всем требованиям технического задания.

6. КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА

Испытательным стендом САРД самолёта SSJ-NEW обеспечивает аналог всех режимов в полёте самолёта с возможностью отработок аварийных режимов.

7. ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ПРОЕКТА

Предусмотрена доработка технологического программного обеспечения, которое предназначено для наблюдения, записи и просмотра результатов функционирования системы, а также для обеспечения предупреждающей сигнализации о приближении параметров рабочих сред, создаваемых испытательным оборудованием, к выходу за допустимые пределы.

СОДЕРЖАНИЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	4
ВВЕДЕНИЕ	5
ОБЗОР ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА САРД	12
РАБОТА СИСТЕМЫ САРД НА ИСПЫТАТЕЛЬНОМ СТЕНДЕ.....	17
СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ, ИНДИКАЦИИ И РЕГИСТРАЦИИ	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	26
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	26

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей конкурсной работе применяются следующие термины, обозначения и сокращения:

АО	Акционерное общество
ПКО	Производственно-конструкторское объединение
САРД	Система автоматического регулирования давления
СУИР	Средства управления, индикации и регистрации
КСКВ	Комплексная система кондиционирования воздуха

ВВЕДЕНИЕ

АО ПКО «Теплообменник» одно из ведущих предприятий авиационной промышленности Российской Федерации, участвующее во всех крупных инновационных проектах по созданию отечественной авиационной техники. В рамках «выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по программе Сухой Суперджет в модификации с максимальным импортозамещением компонентов и систем», Шифр «SSJ-NEW» в качестве головного разработчика ведет разработку испытательного стенда САРД.



Рис. 1 - Внешний вид самолёта Sukhoi Superjet New.

Главным новшеством в SSJ NEW станет перспективный российский двигатель ПД-8, который заменит франко-российскую установку SaM146.

«Сердце» самолета разработано на основе российских комплектующих и материалов по технологиям, применяемым в двигателе ПД-14. В работе над ПД-8 конструкторы используют современные методики, например, 3D-печать отдельных деталей.

Технологическая база двухконтурного турбовентиляторного двигателя ПД-8 позволит его устанавливать на SSJ-NEW, а также на многоцелевом самолете-амфибии Бе-200 и вертолетах.

По надежности, безопасности эксплуатации, по показателям ремонтпригодности и по соответствию экологическим нормам двигатель не будет уступать мировым лидерам в своем сегменте, которые уже существуют или появятся в ближайшие годы.

Для SSJ-NEW были разработаны свои системы бортового радиоэлектронного оборудования. В частности, предполагается, что на самолете установлена новая инерциальная навигационная система БИНС-2015, которая информирует о пространственном положении самолета, его курсе и векторе фактической путевой скорости.

По словам разработчиков, «основная особенность инерциальных систем — полная автономность, то есть независимость от наземных и космических источников сигналов».

Кроме того, специально для Sukhoi Superjet New предприятия «Ростеха» создали целый ряд необходимых в полете систем: кислородную, контроля вибрации двигателя, электроснабжения и другие.

В общей сложности в новом «Суперджете» замене подверглось порядка 97% иностранных компонентов.



Рис. 2 - Испытательный полет самолёта Sukhoi Superjet New

Система автоматического регулирования давления (САРД) самолета предназначена для поддержания в гермокабине необходимого давления, обеспечивающего нормальную жизнедеятельность пассажиров и экипажа. Система обеспечивает поддержание «высоты» в кабине не выше 2400 м и эксплуатацию самолета во всех ожидаемых условиях эксплуатации.

САРД обеспечивает:

- автоматическое регулирование абсолютного давления в гермокабине по заданной программе в зависимости от внешнего барометрического давления;
- автоматическое ограничение скорости изменения давления в гермокабине;
- автоматическое ограничение эксплуатационного избыточного давления в гермокабине;
- ограничение предельного положительного и отрицательного перепада давлений между кабиной и атмосферой;
- ручное регулирование изменения давления в гермокабине;
- принудительную разгерметизацию гермокабины для выравнивания давления гермокабины с атмосферным давлением;
- герметизацию трактов сброса воздуха из гермокабины через выпускной клапан для сохранения плавучести самолёта при вынужденной посадке на воду;
- контроль параметров давления воздуха в гермокабине, сигнализацию о нормальных и опасных режимах работы системы;
- автоматическое ограничение перепада давления на земле;
- быстрое корректирование давления в гермокабине;
- устранение задымления в гермокабине (при необходимости);
- ограничение перепада давления в гермокабине соответствующего максимальной высоте 4500 м при неисправной работе или отказах системы;
- предотвращение герметизации гермокабины на аэродроме, если не закрыты и не заблокированы двери и люки.

Функциональная схема САРД самолета SSJ NEW приведена на рис. 3. На этой схеме 1 и 2 - предохранительные клапаны.

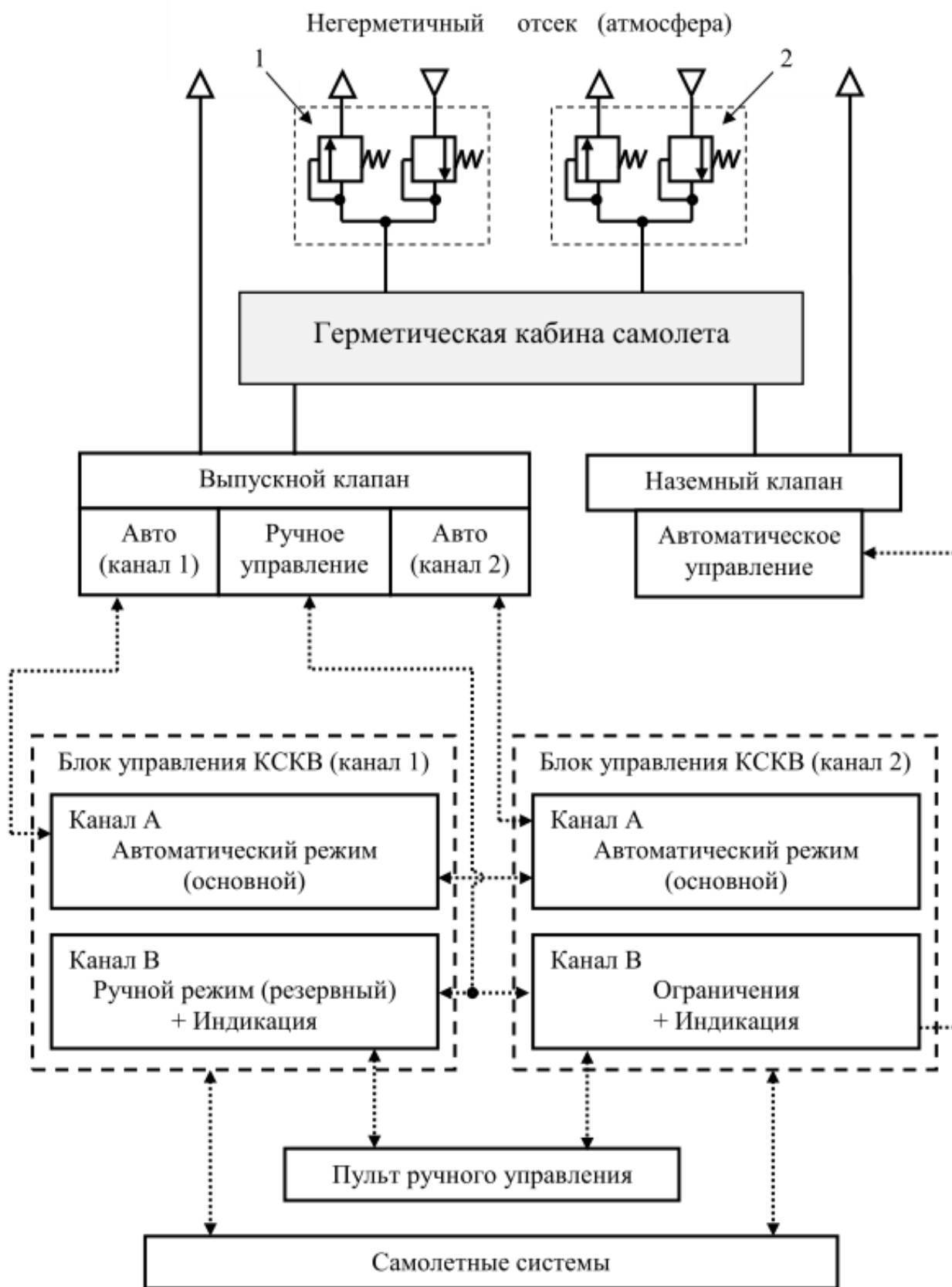


Рис. 3. Схема САРД самолёта Суперджет

При нормальной работе система управляется автоматически двумя блоками управления (канал 1 и канал 2) комплексной системы кондиционирования воздуха

(КСКВ). Каждый блок управления КСКВ также имеет два канала — канал А (основной) и канал В (резервный). Канал А каждого блока КСКВ обеспечивает выполнение основных функций САРД:

- измерение давления в гермокабине;
- расчёт заданного давления гермокабины, заданных скоростей изменения давления, скорости открытия (закрытия) выпускного клапана;
- управление выпускным клапаном;
- предоставление информации о давлении в гермокабине системам самолёта;
- контроль компонентов системы автоматического регулирования давления.

В случае отказа основного режима используется канал В (ручной режим работы САРД). Он применяется для:

- регулирования давления в гермокабине и скорости изменения давления согласно выбору пилота;
- ограничения скорости изменения давления в гермокабине (регулирование блоком управления КСКВ (канал 1));
- обеспечения независимой индикации работы САРД;
- управление работой наземного клапана (блок управления КСКВ (канал 2)).

Сброс избыточного давления обеспечивается через два предохранительных клапана 1 и 2. Стравливание избыточного давления отменяет работу обоих режимов — автоматического и ручного.

Основными элементами этой системы являются выпускной и предохранительные клапаны.

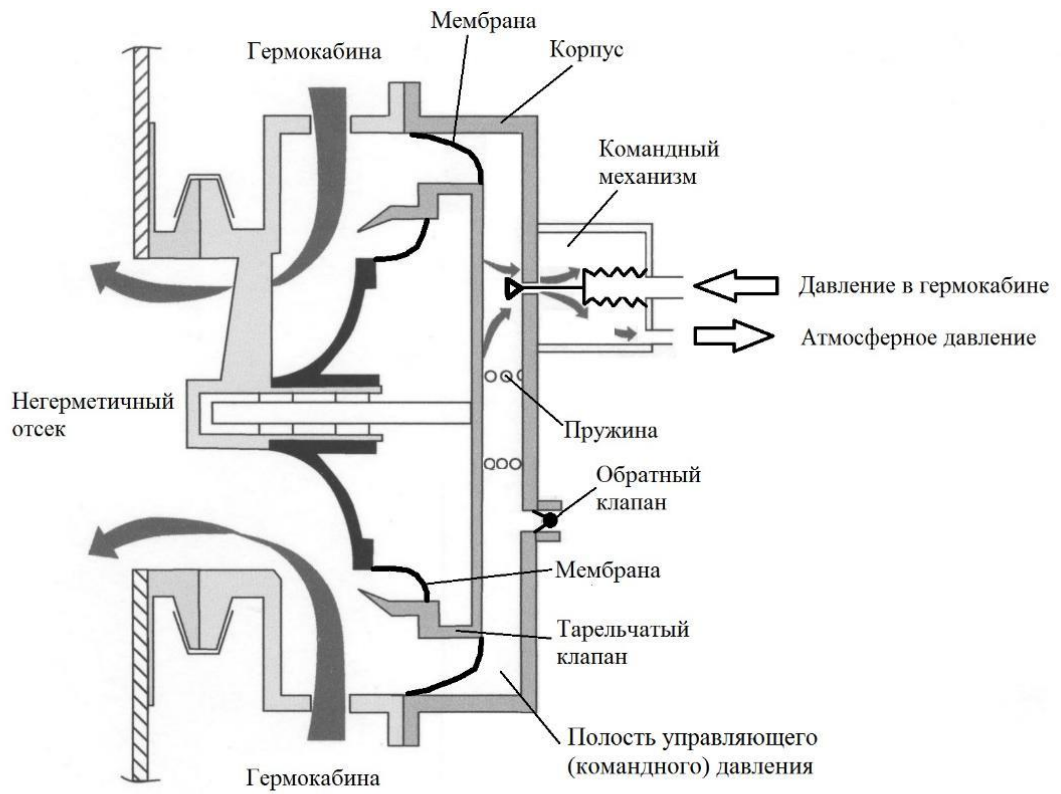
Выпускной клапан САРД предназначен для поддержания в гермокабине избыточного давления и ограничения разряжения. Для обеспечения высокого уровня комфорта в пассажирском салоне выпускной клапан установлен в подпольном пространстве в районе центроплана на гермошпангоуте. Выпускной клапан имеет два режима работы: автоматический и ручной. Электропривод состоит из редуктора с тремя приводами – два автоматических (основных) и ручного (резервного) управления. Клапан изменяет расход воздуха согласно командам блоков управления КСКВ.

Наземный клапан (по конструкции подобен выпускному клапану) уменьшает перепад давления в гермокабине. На земле всегда открыт, во время полёта клапан закрыт. Расположен наземный клапан в подпольном пространстве на заднем гермошпангоуте гермокабины. Электропривод поворачивает заслонку.

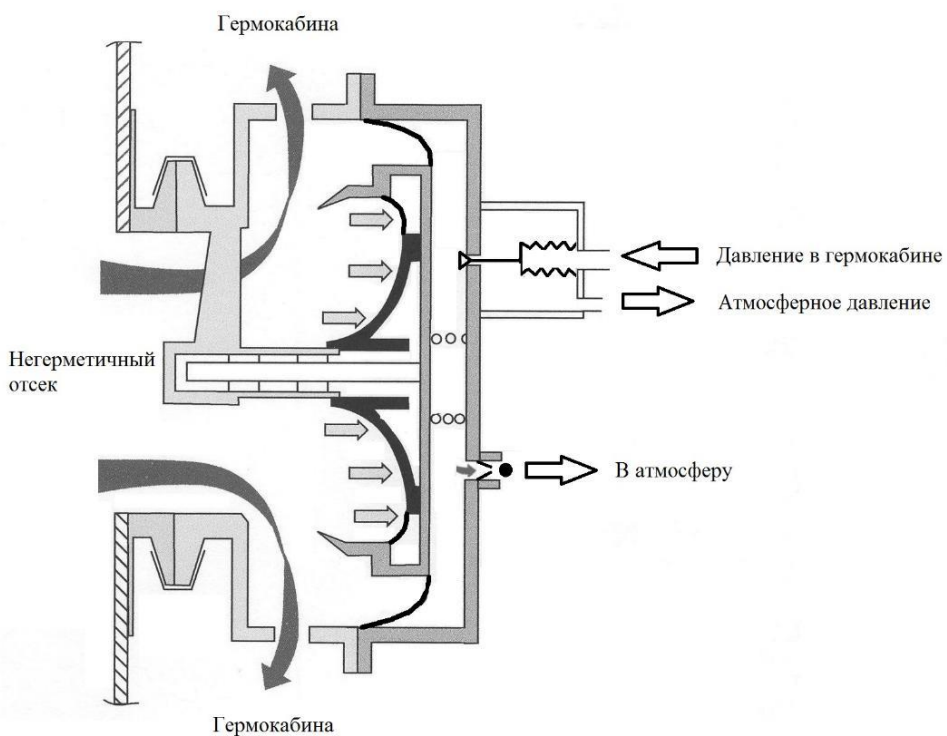
Исполнительный механизм наземного клапана оснащен принудительным ручным приводом.

Предохранительный клапан предназначен для обеспечения безопасного перепада давления между гермокабиной и атмосферой путём перепуска воздуха в прямом или обратном направлении. Предохранительные клапаны размещены на заднем гермошпангоуте гермокабины. Основными элементами конструкции являются: корпус; командный механизм регулирования давления в полости управляющего давления; подпружиненный тарельчатый клапан, связывающий гермокабину с негерметичным отсеком; упругие мембраны, разъединяющие полости.

Максимальный положительный перепад давления в гермокабине не должен превышать $0,6 \text{ кгс/см}^2$. Если величина перепада достигает $0,608 \text{ кгс/см}^2$, то предохранительные клапаны открываются для стравливания избыточного давления (рис. 4а). Максимальный отрицательный перепад давления в гермокабине поддерживается минус $0,035 \text{ кгс/см}^2$. Если во время аварийного снижения атмосферное давление превышает давление в гермокабине, то предохранительные клапаны открываются для притока воздуха из атмосферы (рис. 4б). Открытие предохранительных клапанов гарантирует необходимую величину перепада давления даже при одном неисправном клапане. Изменение положительного и отрицательного перепада давления отменяет работу автоматического и ручного режимов блоков управления КСКВ.



а) Давление в гермокабине выше максимально допустимого



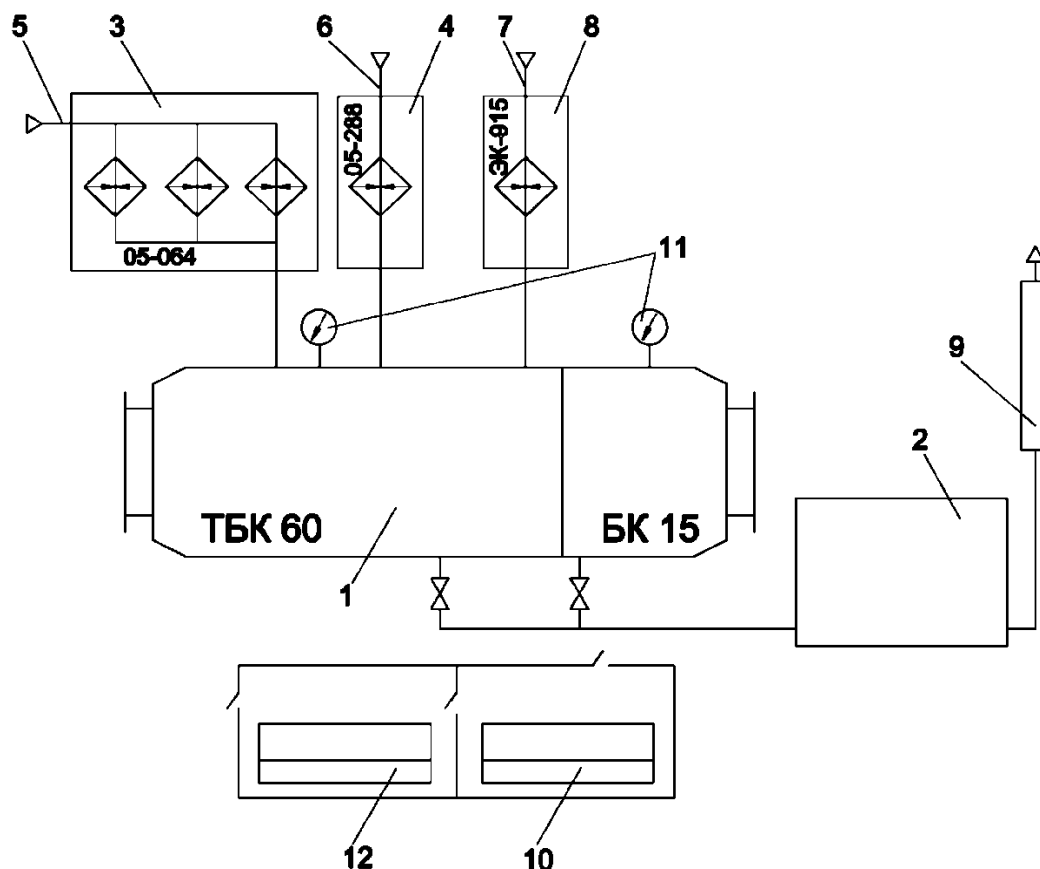
б) Давление в гермокабине ниже атмосферного

Рис. 4 - Схема работы предохранительного клапана

ОБЗОР ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА САРД

Испытательный стенд САРД реализован на термобарокамере. Функциональная схема термобарокамеры представлена на рисунке 5.

Термобарокамера имеет в своем составе две камеры соединенные герметичной перегородкой. Первая камера– «Имитатор гермокабины» (БК60), вторая камера– «Имитатор атмосферы» (БК15). К имитатору гермокабины через вакуумный затвор (ЗУ1) подключен Сосуд №2 (Б4) обеспечивающий дополнительный объем, для имитации заданного объема фюзеляжа. К имитатору атмосферы подключен Сосуд №1 (Б3) обеспечивающий дополнительный объем, для имитации качественной атмосферы.



1-Термобарокамера ТБК 60, 2- Высотная вакуумная станция, 3- Блок электрокалориферов, 4, 8- Электрокалориферы, 5,6,7-Линии сжатого воздуха, 9- Шахта сброса продуктов откачки высотной вакуумной станции в атмосферу, 10-Пульт управления ТБК 60, 11-Высотомер, 12-Пульт управления

Рис. 5 – Функциональная схема термобарокамеры

Принципиальная схема испытательного стенда представлена на рисунке 6.

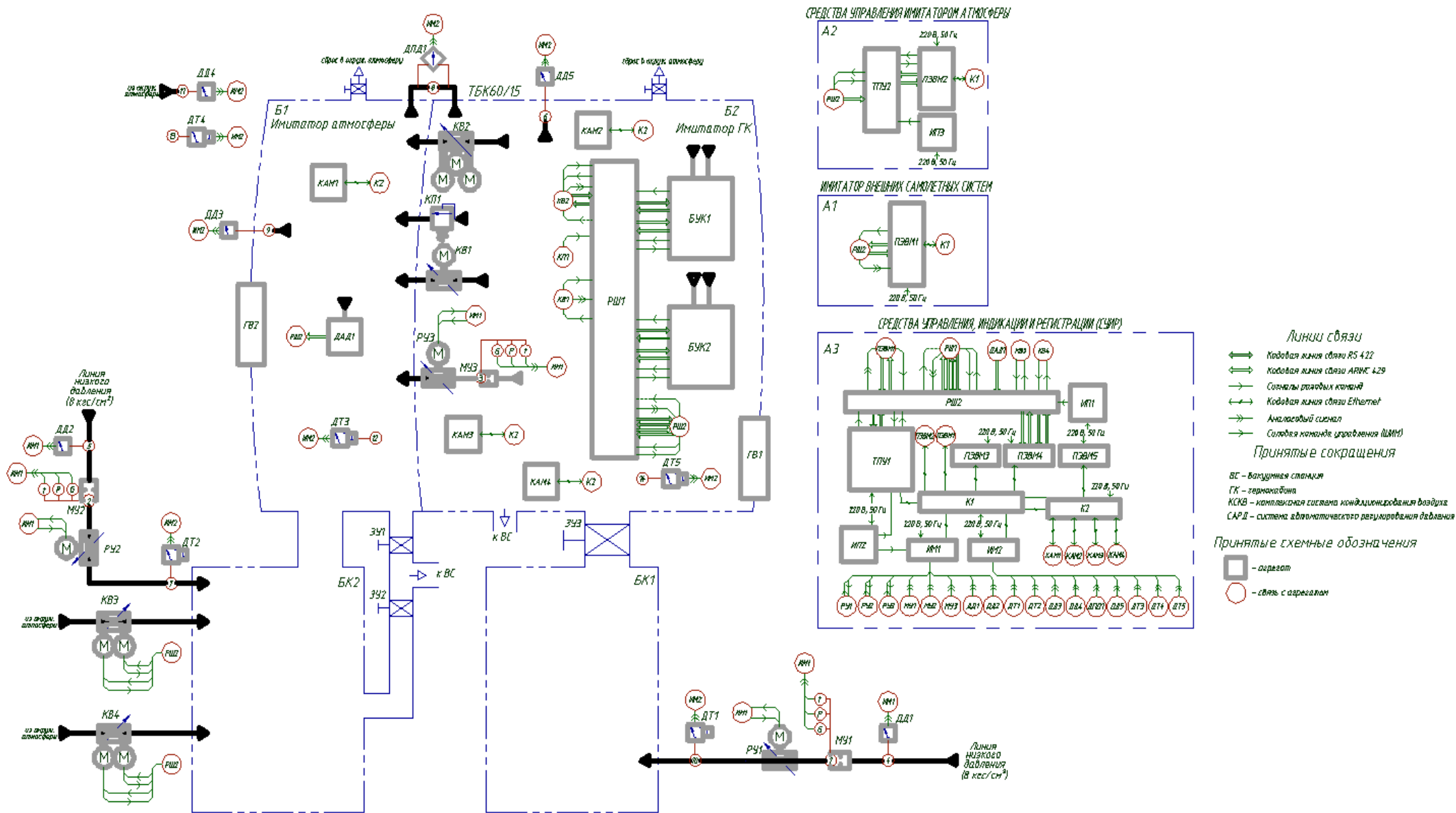


Рис. 6 – Принципиальная схема испытательного стенда

Составные части стенда указаны в таблице 1.

Таблица 1.

Обозначение составной части	Наименование составной части	Кол-во, шт.
A1	Имитатор внешних самолетных систем	1
A2	Средства управления имитатором атмосферы	1
A3	Средства управления, индикации и регистрации (СУИР)	1
Б1	Термобарокамера (БК15)	1
Б2	Термобарокамера (БК60)	1
Б3	Барокамера БК1	1
Б4	Барокамера БК2	1
ДАД1	Измеритель скорости изменения давления ИСИД-2	1
ГВ1	Гермоввод имитатора ГК	1
ГВ2	Гермоввод имитатора атмосферы	
ДД1..5	Датчик абсолютного давления	5
ДПД1	Датчик перепада давления	1
ДТ1..5	Датчик температуры	2
ЗУ1,2	Затвор вакуумный с электромеханическим приводом	2
ЗУ3	Затвор вакуумный плоский с электромеханическим	1
КАМ1..4	Видеокамера	4
КВ3,4	Клапан выпускной	2
МУ1..3	Расходомер	3
РУ1,2	Заслонка запорно-регулирующая с электроприводом	2
РУ 3	Заслонка электроприводная одноканальная	1
РШ1	Распределительный шкаф	1

В имитатор гермокабины подается воздух с параметрами, задаваемыми в программе испытаний, тем самым имитируется подача воздуха от системы кондиционирования воздуха (СКВ). Воздух отбирается от линии низкого давления (8 кгс/см²). Для исключения влияния колебаний давления в линии на выходе устанавливается регулятор высокого давления (КР1), обеспечивающий стабильное и заданное давление воздуха на выходе. Управление регулятором высокого давления

осуществляется с помощью пульта управления регулятором давления. Давление и расход на выходе регулятора контролируется с помощью датчика абсолютного давления (ДД1) и расходомера (МУ1). Заслонка запорно-регулирующая (РУ1) установленная перед расходомером обеспечивает необходимый расход воздуха подаваемый в имитатор гермокабины. Контроль температуры подаваемого воздуха осуществляется с помощью датчика температуры (ДТ1), установленного перед заслонкой РУ1. Для равномерного распределения подаваемого воздуха в имитаторе гермокабины используется перфорированная труба. Контроль давления в имитаторе гермокабины осуществляется с помощью датчика абсолютного давления ДД5. Контроль избыточного давления между имитатором гермокабины и имитатором атмосферы осуществляется с помощью датчика перепада давлений ДПД1.

На герметичной перегородке устанавливаются агрегаты САРД таким образом, что поток выпускаемого воздуха не влияет на работу других агрегатов САРД. Так же на герметичной перегородке устанавливается заслонка запорно-регулирующая (РУ3), обеспечивающая имитацию утечек фюзеляжа. Для контроля количества выпускаемого воздуха через заслонку РУ3, перед ней установлен расходомер МУ3.

В имитаторе атмосферы создается разрежение с параметрами, задаваемыми в программе испытаний, тем самым имитируется профиль полета самолета SSJ-NEW. Контроль давления в имитаторе атмосферы осуществляется с помощью датчика абсолютного давления ДД3. Обеспечение заданного профиля полета, осуществляется с помощью средств управления имитатором атмосферы. В состав средств управления имитатором атмосферы входят:

- Клапан выпускной (КВ3, 4) обеспечивающие забор воздуха из окружающей атмосферы;
- Измеритель скорости изменения давления ИСИД-2 (ДАД1) обеспечивающий измерение давления и скорости изменения давления в имитаторе атмосферы.
- Пульт управления клапанами обеспечивающий управление клапанами КВ3, 4.

➤ Персональная электронно-вычислительная машина (ПЭВМ2) обеспечивающая расчет необходимого управляющего воздействия на заслонки КВЗ, 4 по данным полученным с датчика ДАД1.

Также для создания высоты в имитаторе атмосферы ниже уровня моря используется линия низкого давления (8 кгс/см^2), имитирующая натекание воздуха. Давление и расход на выходе с линии контролируется с помощью датчика абсолютного давления (ДД2) и расходомера (МУ2). Заслонка запорно-регулирующая (РУ2) установленная перед расходомером обеспечивает необходимый расход воздуха подаваемый в имитатор атмосферы. Контроль температуры подаваемого воздуха осуществляется с помощью датчика температуры (ДТ2), установленного перед заслонкой РУ2.

Контроль давления окружающей среды осуществляется с помощью датчика абсолютного давления ДД4.

Управление технологическими заслонками, управление заслонками САРД, а также прием, индикация и регистрация информации от датчиков, видеорегистрация осуществляется с помощью средств управления, индикации и регистрации (СУИР).

Средства управления, индикации и регистрации включают в себя:

✓ Рабочую станцию оператора, состоящую из ПЭВМ3, ПЭВМ4, ПЭВМ5 и предназначенную для отображения результатов измерений в виде графиков на мониторах станции операторов, а также для записи и хранения результатов измерений;

✓ Технологическое программное обеспечение, которое предназначено для наблюдения, записи и просмотра результатов функционирования системы, а также для обеспечения предупреждающей сигнализации о приближении параметров рабочих сред, создаваемых испытательным оборудованием, к выходу за допустимые пределы;

✓ Интеллектуальные устройства согласования, которые предназначены для измерения, регистрации и отображения по нескольким каналам сигналов силы и напряжения постоянного тока, сопротивления, преобразования сигналов термопар, термопреобразователей сопротивления и других первичных преобразователей в

единицы физических величин, для вычисления расхода сред, а также для сбора и передачи данных в систему управления по интерфейсам RS-485 или Ethernet;

✓ Технологический пульт управления (далее по тексту ТПУ1) для управления самолетными (штатными) агрегатами САРД;

✓ Пульт управления регулятором давления - обеспечивающий поддержания необходимого давления на выходе регулятора высокого давления.

РАБОТА СИСТЕМЫ САРД НА ИСПЫТАТЕЛЬНОМ СТЕНДЕ

Система обеспечивает поддержание «высоты» в кабине не выше 2400 м. Система обеспечивает эксплуатацию самолета во всех ожидаемых условиях эксплуатации, в т.ч. и на аэродромах, находящихся на высоте до 3350 м.

Полностью цифровая электрическая автоматическая система управления обеспечивает два независимых автоматических режима. Каждый вычислитель КСКВ может регулировать давление в имитаторе гермокабины приведением в действие электрического выпускного клапана через соответствующий ОСНОВНОЙ приводной механизм исполнительного механизма выпускного клапана. Чтобы увеличить надежность выпускного клапана, для регулирования давления используется попеременно каждый основной канал выпускного клапана.

Канал А вычислителя КСКВ регулирует давление в имитаторе гермокабины посредством открывания электрического выпускного клапана в соответствии со встроенными законами регулирования. Принцип работы основного канала – это регулирования на земле и в полете, высоты в кабине и скорости изменения высоты.

Активный канал А вычислителя КСКВ, управляет давлением в имитаторе гермокабины относительно запланированного давления в зависимости от полученной информации. Запланированное давление в салоне имеет различные значения согласно очередностям пребывания на земле или полете.

Согласно запланированному $P_{\text{СОТ}}$ давлению в имитаторе гермокабины канал А интегрированного контроллера системы управления воздухом рассчитывает $P_{\text{СО}}$ давление в имитаторе гермокабины. Данная требуемая величина является значением, при котором система должна регулировать давление в имитаторе

гермокабины P_C . Данное требование P_{CO} высоты стремится к запланированному P_{COOT} высоты в кабине, принимая в расчет предел изменения скорости в кабине. Предел изменения скорости изменяется в соответствии с вышеприведенными очередностями.

Наконец, основной канал выпускного клапана открывает или закрывает выпускной клапан через контур регулировки скорости.

Назначение составных частей входящих в стенд:

– Имитатор внешних самолетных систем предназначен для выдачи управляющих сигналов и приема данных от САРД. Имитирует взаимодействие между САРД и самолетными системами.

– Средства управления имитатором атмосферы предназначены для управления имитатором атмосферы и имитации профиля полета самолета.

– Средства управления, индикации и регистрации предназначены для сбора данных с датчиков и видеокамер, обработки данных и выдачи управляющих сигналов на исполнительные механизмы.

– Сосуд №1 (Б3) и сосуд №2 (Б4) предназначены для увеличения объема термобарокамеры ТБК-60 и ТБК-15 соответственно, что повышает точность проведения испытаний.

– Гермовводы предназначены для герметичного ввода/вывода кабелей в термобарокамеру.

– Выпускные клапана (КВ3, 4) являются исполнительными механизмами имитатора атмосферы.

– Заслонка запорно-регулирующая (РУ3) предназначена для регулирования утечки рабочего тела из термобарокамеры ТБК-60.

– Видеокамеры (КАМ1...4) предназначены для визуального наблюдения за состоянием системы в термобарокамере ТБК-60/15 во время проведения испытаний.

– Регулятор высокого давления (КР1) служит для сглаживания колебаний давления в линии подачи рабочего тела в термобарокамеру ТБК-60.

– Термобарокамера ТБК-60 предназначена для обеспечения давления атмосферы в диапазоне высот полёта от 0 до 13500 м, причем ТБК-60 (Б2)

имитирует высоту в кабине, ТБК-15 (Б1) – в атмосфере. Описание ТБК представлено в приложении №1.

– Заслонка запорно-регулирующая (РУ1, 2) совмещает в себе функции перекрытия и управления потоками, поддерживает необходимые значения параметров, осуществляя регулирование расхода рабочей среды.

– Измеритель скорости изменения давления ИСИД-2 (ДАД1) предназначен для измерения величины абсолютного давления и скорости изменения давления.

– Персональная электронно-вычислительная машина (ПЭВМ 1..5) обеспечивает в реальном масштабе времени сбор информации и отображение текущего состояния системы.

СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ, ИНДИКАЦИИ И РЕГИСТРАЦИИ

Средства управления, индикации и регистрации (СУИР) предназначены для сбора данных от датчиков различных типов (температуры, давления, перепада давления, расхода) и управления технологическим оборудованием испытательных установок в части поддержания в заданных пределах расходов, давлений и температур рабочих сред.

СУИР реализованы в виде двухуровневой системы с распределением выполняемых функций. Верхний уровень - обеспечивает централизованный контроль и координацию работы всего комплекса технических средств. Отображает результаты измерений в виде индикаторов и графиков на мониторах ПЭВМ3, запись и хранение результатов измерений, формирование отчетов о результатах измерений в виде графиков и таблиц с возможностью вывода на печать на ПЭВМ4. Имеет в своём составе средства видеонаблюдения за работой САРД с записью на ПЭВМ5, а также пакет технологического программного обеспечения на ПЭВМ3 и ПЭВМ4.

Нижний уровень - интеллектуальные устройства согласования, осуществляющие измерение и обработку сигналов, поступающих от датчиков и передающих данные на рабочую станцию для дальнейшей обработки и долгосрочного хранения.

Регистраторы видеографические предназначены для измерения, регистрации и отображения по нескольким каналам сигналов силы и напряжения постоянного тока, сопротивления, преобразования сигналов термопар, термопреобразователей сопротивления и других первичных преобразователей в единицы физических величин, для вычисления расхода сред, а также для сбора и передачи данных в систему управления по интерфейсам RS-485 или Ethernet.

Полный цикл опроса всех каналов составляет 0,1 с.

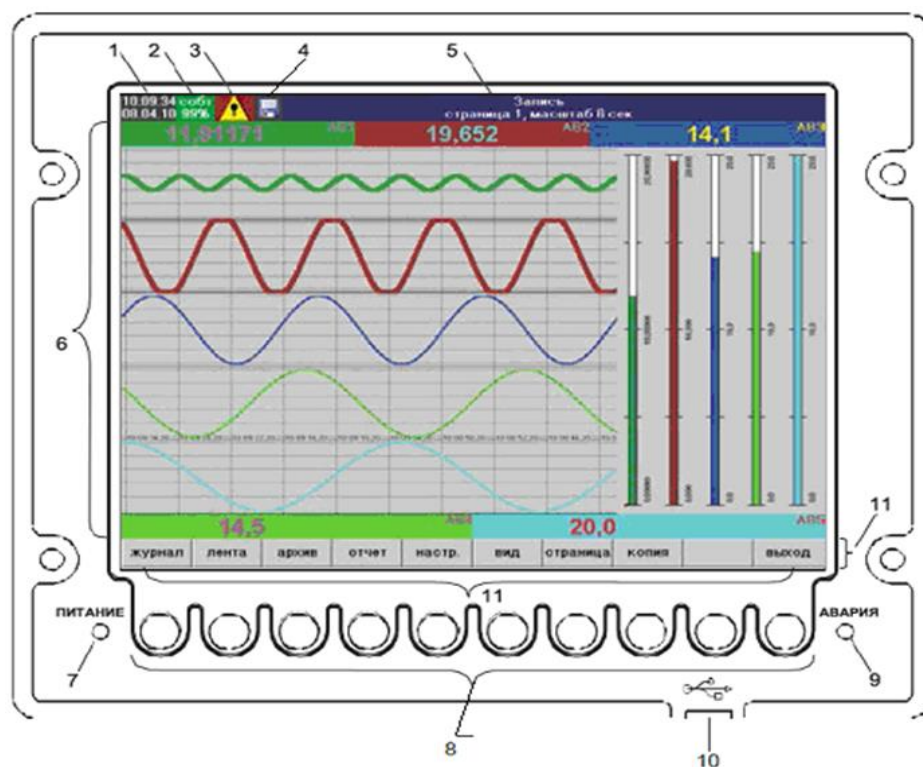
Регистратор обеспечивает архивирование результатов преобразования входных сигналов. Регистратор обеспечивает представление результатов преобразования в цифровом виде, в виде шкал, в виде графиков и отображение на графическом дисплее.

Регистратор обеспечивает отсутствие потери информации при неоднократном выключении/включении питания в произвольный момент времени во всем диапазоне питающих напряжений.

Интерфейс регистратора в режиме измерения представлен на рисунке 7.

С помощью сервисного программного обеспечения можно загрузить архив измерений регистратора на персональный компьютер для дальнейшей обработки или архивирования. Загруженные данные можно в любое время просмотреть и распечатать на принтере.

Функция сигнализации предназначена для уведомления персонала о возникновении определенной ситуации (обычно – превышение заданного числового значения – уставки) и управления релейными выходами.



1 – текущее время и дата; 2 – индикатор состояния памяти журнала событий – % свободной памяти для неподтвержденных событий; 3 – индикатор состояния аварийной сигнализации; 4 – индикатор USB; 5 – индикатор текущего режима работы регистратора; 6 – рабочее поле; 7 – индикатор включения прибора; 8 – поле сенсорных клавиш регистратора; 9 – индикатор “Авария”; 10 – разъем для USB-Flash карты; 11 – поле функционального назначения клавиш.

Рис. 7 - Интерфейс регистратора в режиме измерения.

Для всех типов аналоговых входов предусмотрены следующие типы сигнализации:

- Сигнализация превышения верхнего предела (В и ВВ) активизируется, если измеренное значение превышает заданное значение уставки (рис. 17).

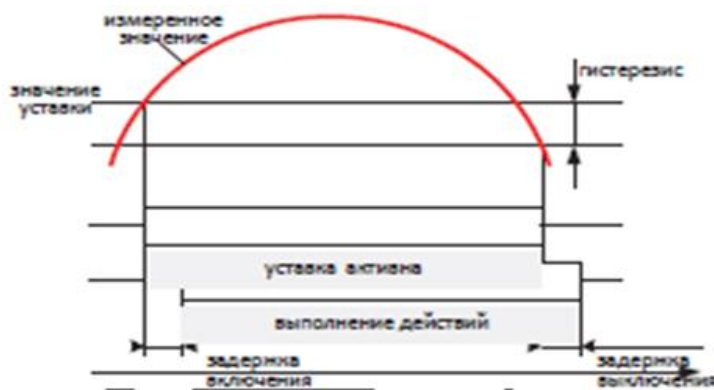


Рис. 8 – Сигнализация превышение верхнего предела (значение превышает уставку)

- Сигнализация превышения нижнего предела (Н и НН) активизируется, если измеренное значение становится меньше заданного значения уставки (рис. 9).

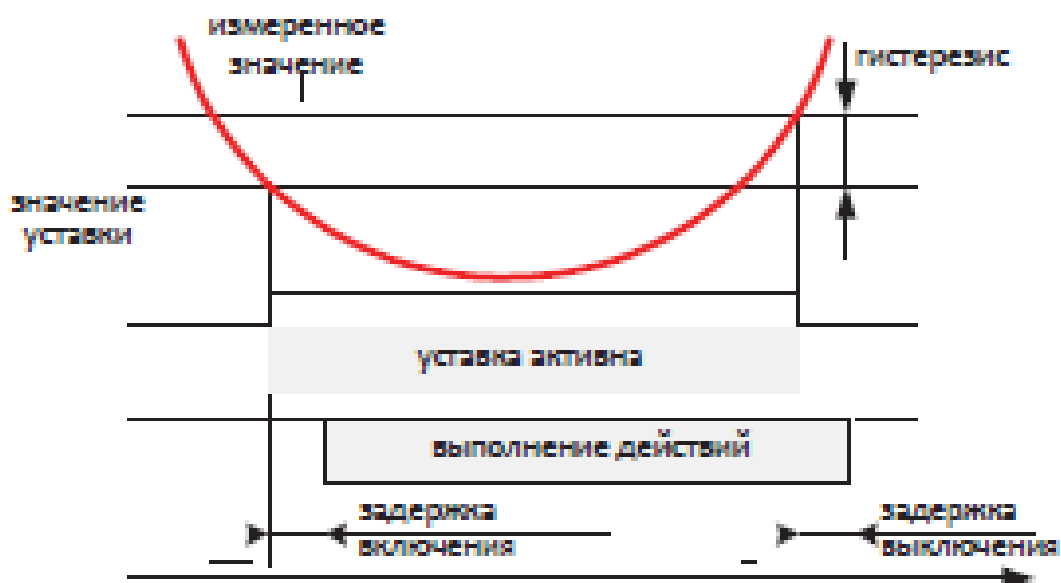


Рис. 9 – Сигнализация превышения нижнего предела (значение меньше уставки).

- Сигнализация скорости возрастания сигнала (СВ) активизируется, если скорость нарастания сигнала за установленный период времени (настраивается от 0,1 до 60 сек) становится выше заданной уставки (рис. 10).

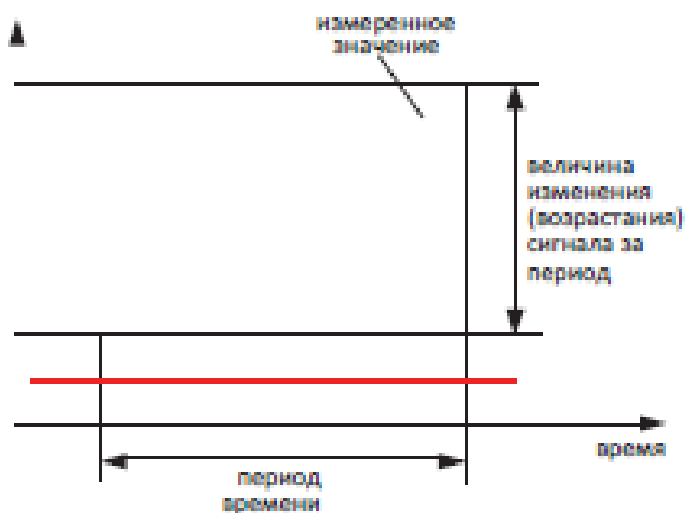


Рис. 10 – Сигнализация скорости возрастания сигнала.

Ручное квитирование сигнализации. В окне «Уставки» (рис. 11) выбранная уставка подсвечивается синим цветом. Для выбранной уставки доступны команды:

1. «подтвердить» – выбранная уставка квитируется:

1.1. В таблице уставок состояние меняется на «не активна», счетчик активизаций обнуляется, в поле «подтверждение» заносится время нажатия клавиши.

1.2. Для каждого параметра уставки «Журнал», «Действие» выполняется действие возникновения условия или действие при прекращении условия.

2. «показать» – регистратор переходит в режим показа архивных данных, курсор устанавливается на время активизации уставки.

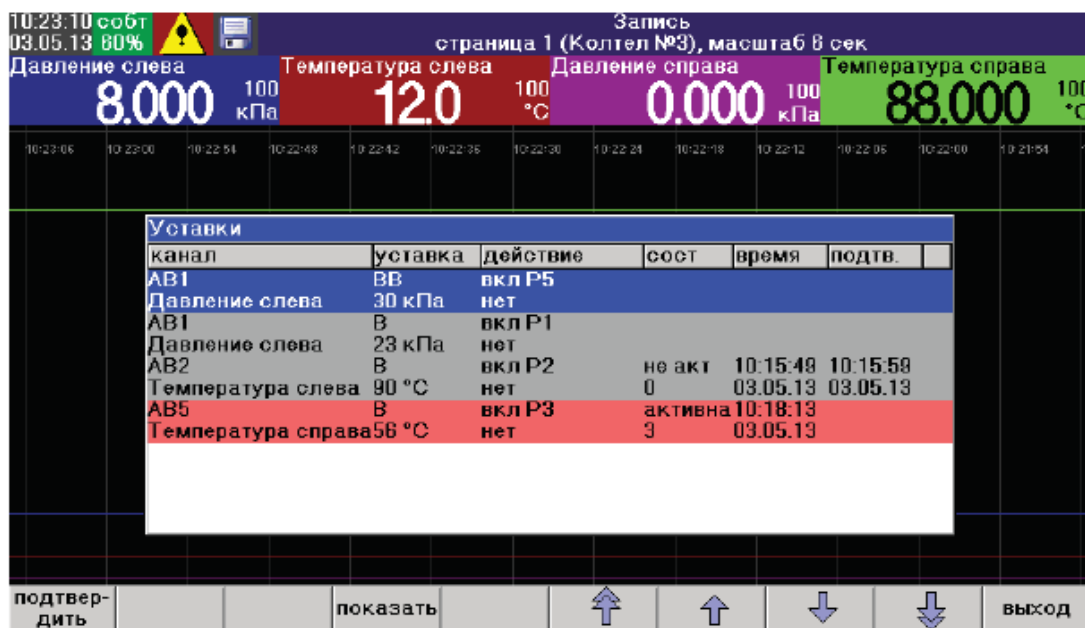


Рис. 11 – Ручное квитирование сигнализации

Выбор уставки в таблице осуществляется клавишами



Журнал событий регистратора представляет собой кольцевой архив на 750 событий. События в журнал добавляются автоматически при срабатывании действия «Событие» или «Авария».

Технологическое программное обеспечение, выполнено в графической среде разработки программного обеспечения LabVIEW, предназначено для управления, наблюдения, записи и просмотра результатов функционирования системы (запуск, поддержка стационарного режима работы, останов). Кроме этого, производится постоянное тестирование системы в целом для предотвращения аварийных ситуаций.

LabVIEW удобно использовать для связи с такими аппаратными средствами как встраиваемыми в персональный компьютер измерительными платами, приборами, подключаемыми к персональному компьютеру через стандартные интерфейсы: GPIB (КОП), PXI, VXI, RS-232/485 и т.д.

Графическая среда разработки программ LabVIEW использует операционные системы Windows 2000, Windows 7, 8.1, 10, MacOS, Linux для достижения высокой скорости многопоточного выполнения в сочетании с графической простотой использования.

Программные инструменты состоят из архитектуры программных драйверов и драйверов приборов, прикладной среды разработки LabVIEW, а также высокоуровневых средств управления тестами и данными. Такая интегрированная программная структура дает необходимую свободу для создания сложных, специализированных систем измерений и управления. Программное обеспечение National Instruments (NI) предоставляет стандартизированный интерфейс ко всем устройствам ввода-вывода и инструменты конфигурирования. Использование инструментов, таких как LabVIEW, позволяет быстро внедрять, модернизировать системы измерений и управления. Виртуальные измерительные устройства от NI объединяют компоненты измерительных технологий и технологий ввода сигналов в инструменты, показывающие высокую точность аналоговой части, тесную синхронизацию измерений и взаимодействие с компьютером.

Источник питания (ИП1, ИП2) постоянного тока используется для подачи постоянного тока 28 В к вычислителям IASC (БУК1, БУК2).

Источник питания данной серии имеет мощность 800 Вт. Это программируемый лабораторный источник питания, как настольного, так и для 19"

стойки. Номинальные значения выходного напряжения от 7.5 до 660 В. Источник обладает функцией обратной связи по напряжению, внешним аналоговым программированием выходных параметров и программированием параметров через интерфейсы.

Коммутатор (К1) предназначен для обеспечения Ethernet связи между ПЭВМ3 и регистраторами видеографическими (ИМ1, 2). А также, передачи данных для хранения на ПЭВМ4.

Управление потоком 802.3х на каждом порту минимизирует потерю пакетов при переполнении входящего буфера порта, что обеспечивает надежное соединение всех подключенных устройств.

Коммутатор (К2) предназначен для обеспечения Ethernet связи между ПЭВМ5 и видеокамерами (КАМ1...4). А также, передачи данных для хранения на ПЭВМ4.

Технологический пульт управления (ТПУ1) предназначен для обеспечения управления исполнительными механизмами КВ1 и КВ2.

Пульт управления регулятором давления предназначен для обеспечения управления регулятором высокого давления (КР1).

Рабочая станция построена на базе чипсета Intel® Z390 с поддержкой процессоров Intel® Core™ 8-го и 9-го поколений и оперативной памяти стандарта DDR4, обеспечивающих максимальное быстродействие системы.

Видеокамеры (КАМ1...4) осуществляют визуальный контроль и наблюдение за процессом испытаний, что позволяет своевременно устранять неполадки.

В качестве датчиковой аппаратуры применяются датчики «Метран».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан испытательный стенд САРД для проведения стендовых испытаний системы автоматического регулирования давления самолета SSJ-NEW. Агрегаты созданы специалистами опытно-конструкторского бюро АО ПКО «Теплообменник» на основе последних новейших достижений отечественной и мировой науки и техники.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Быков Л.Т., Ивлентиев В.С., Кузнецов В.И. Высотное оборудование пассажирских самолётов. - М.: Машиностроение, 1972.
2. Системы оборудования летательных аппаратов / под ред. А.М. Матвеевко и В.И. Бекасова - М.: Машиностроение, 1986.
3. Сухов Ж.С., Тимофеев Г.А. Системы автоматического регулирования давления в герметических кабинах самолетов. Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2019, № 9, с. 20–25, doi: 10.18698/0536-1044-2019-9-20-25