

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
федеральное государственное образовательное  
учреждение высшего профессионального  
образования  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**



**Кафедра «Авиатопливообеспечения  
и ремонта летательных аппаратов»**

**Ю. А. Лукьянов**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ  
АВИАТОПЛИВООБЕСПЕЧЕНИЯ ВС ГА**

**Учебное пособие**

Рекомендуется использовать  
в качестве учебного пособия  
для студентов специальности 160900  
(специализации 160901/8)

**Москва- 2010г.**

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Московского государственного технического университета ГА

Рецензенты: д.т.н. профессор Е.А. Коняев,  
к.т.н. Н.Е. Сыроедов.

Лукьянов Ю.А.

Автоматизация процессов топливообеспечения.  
Учебное пособие.

Учебное пособие содержит сведения, необходимые при эксплуатации механического и электронного оборудования, которое обеспечивает автоматизированный учет при приеме, хранении и выдаче ГСМ в реальном масштабе времени, включает основы построения аппаратно-программных комплексов, точностные и метрологические характеристики измерительной аппаратуры и систему документирования и долговременного хранения информации.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 160900 (специализации 160901/8) «Эксплуатация систем топливообеспечения аэропортов и ВС ГА».

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры ..... и методического совета .....

ЛУКЪЯНОВ Юрий Анатольевич

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТОПЛИВООБЕСПЕЧЕНИЯ

Учебное пособие

<b>Содержание</b>	<b>Лист</b>
Введение.....	6
Раздел 1 Основные характеристики технологических процессов топливообеспечения.....	7
1.1 Служба ГСМ и её задачи.....	7
1.2 Склад СМ.....	8
1.3 Централизованная заправка воздушных судов.....	9
1.4 Оперативно-коммерческий учет ГСМ.....	10
1.5 Автоматизация учета.....	13
Раздел 2 Эксплуатация оборудования складов ГСМ.....	15
2.1 Средства приёма.....	15
2.2 Насосные станции .....	16
2.3 Трубопроводы.....	17
2.4 Резервуары.....	17
2.5 Пункты налива.....	18
Раздел 3 Измерительные средства.....	19
3.1 Основы теории элементов преобразователя.....	19
3.2 Каноническое уравнение преобразователя.....	20
3.3 Преобразователи неэлектрических величин.....	23
3.4 Уровнемеры.....	25
3.5 Расходомеры.....	26
3.6 Датчики температуры.....	27
3.7 Измерители плотности.....	28
3.8 Датчики давления.....	28
3.9 Определение количества НП на складе ГСМ.....	29
3.10 Достоверность информации.....	30
3.11 Виды инструментальных погрешностей.....	30
3.12 Сопряжение преобразователей с измерительной аппаратурой.....	33
Раздел 4 Метрологическое обеспечение качества нефтепродуктов	33
4.1 Обеспечение единства измерений.....	33
4.2 Метрологический контроль методов измерений.....	34
4.3 Информационная теория измерений.....	36
4.4 Информационно-вычислительные комплексы (ИВК).....	37
4.5 Госнадзор. Стандартизация и сертификация оборудования.....	40
4.6 Нормативные документы.....	44
Раздел 5 Сбор данных.....	46
5.1 Операционный усилитель.....	46
5.2 Чувствительный элемент датчика.....	47
5.3 Основные виды преобразователей информации.....	48
5.3.1 Электродинамический.....	48
5.3.2 Электромагнитный.....	48

5.3.3 Электромеханический.....	49
5.3.4 Частотный.....	49
5.4 Фильтрация.....	51
5.5 Линеаризация.....	52
5.6 Электрическая развязка.....	52
5.7 Вторичные источники питания и заземление.....	52
Раздел 6 Модули ввода/вывода.....	53
6.1 Аналого-цифровой преобразователь (АЦП).....	54
6.2 Мультиплексор.....	57
6.3 Усилитель входного сигнала.....	58
6.4 Схема выборки и хранения.....	59
6.5 Буфер памяти модуля АЦП.....	59
6.6 Система синхронизации модуля АЦП.....	59
6.7 Интерфейс шины расширения модуля АЦП.....	60
6.8 Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП).....	60
6.9 Выходной усилитель/буфер.....	61
6.10 Буферная память модуля ЦАП.....	62
6.11 Схема синхронизации модуля ЦАП.....	62
6.12 Интерфейсная шина.....	62
Раздел 7 Передача данных.....	63
7.1 Способы модуляции.....	64
7.2 Работа модема.....	65
7.3 Кодер.....	65
7.4 Декодер.....	66
7.5 Радиомодем.....	66
7.6 Выбор и контроль модема.....	67
7.7 Мультиплексирование.....	68
Раздел 8 Компьютерные сети и Интернет.....	69
8.1 Виды сетей.....	69
8.2 Топология сетей.....	69
8.3 Интернет.....	70
8.4 Основные понятия.....	71
8.5 Оконечные системы, клиенты и серверы.....	72
8.6 Ядро компьютерных сетей.....	74
8.7 Коммутация каналов и пакетов.....	74
8.8 Передача сообщений.....	75
8.9 Доступ к сети.....	76
Раздел 9 Автоматизированные системы учета ГСМ.....	77
9.1 Критерии эффективности информационных систем.....	77
9.2 Цели и задачи систем оперативно-коммерческого учета ГСМ.....	79
9.3 Автоматизация жизнедеятельности ТЗК.....	81
9.4 Современные автоматизированные системы учета НП.....	82
9.5 Операционные системы в нефтепродуктообеспечении.....	84
9.6 Технология измерений НП.....	86
9.7 Комплексные АСУ предприятия ТО.....	87

9.8 Состав и назначение автоматизированных информационно – управляющих систем (АИУС) оперативного и коммерческого учета товарных и финансовых потоков.....	90
9.9 Автоматизированные обучающие системы.....	92
9.10 Законодательная база.....	93
Раздел 10 Унифицированная система управления процессами топливообеспечения аэропорта.....	93
10.1 Математическое моделирование замкнутых систем массового обслуживания.....	94
10.2 Выработка критериев эффективности функционирования единой аппаратно-программной системы, которая минимизирует потери ГСМ и приносит максимальный доход компании.....	95
10.3 Разработка рекомендаций по построению унифицированных систем, их контролю и повышению надежности в эксплуатации.....	95
Литература .....	96

## Введение

Общим направлением развития производственных процессов авиатопливообеспечения аэропортов является их комплексная автоматизация, которая должна охватывать максимальное число объектов технологического цикла, чтобы обеспечить высокую централизацию контроля и управления.

Внедрение средств автоматизации позволяет сократить расходы, связанные с переливами топлива, выходом из строя оборудования, смешения сортов. Оно позволяет повысить качество управления складом ГСМ в целом, обеспечить оперативный и коммерческий учет ГСМ и позволит оперативно решать вопросы с внешними организациями (поставщиками и потребителями).

Задачей настоящего учебного пособия является формирование у студентов, обучающихся по специальности «Эксплуатация систем топливообеспечения аэропортов и ВС ГА» знаний, необходимых при эксплуатации механического и электронного оборудования ТЗК, которое обеспечивает автоматизированный учет при приёме, хранении и выдаче ГСМ в реальном масштабе времени. Так же осуществляется сведение баланса «приход – расход» между узлами учёта, обеспечивающими жизнедеятельность ТЗК, самотестирование и юстировку измерительных систем.

В учебном пособии дается представление об устройстве, назначении и работе оборудования, на всех этапах эксплуатации: при транспортировке, хранении и заправке ВС; изложены основы построения аппаратно-программных автоматизированных комплексов для учета ГСМ, рассматриваются эксплуатационные и метрологические характеристики измерительной аппаратуры, система документирования и долговременного хранения информации.

Эти сведения необходимы при эксплуатации автоматизированных комплексов и помогают осуществлять функциональный контроль агрегатов, их ремонт и замену, проводить тестирование агрегатов и систем в режиме автономного функционального контроля, управлять системами сбора и передачи информации, производить аварийное отключение агрегатов и систем; а так же свободно работать с компьютером и его программным обеспечением при обработке информации и при выпуске бухгалтерских и отчётных документов.

## **Раздел 1. Основные характеристики технологических процессов авиатопливообеспечения**

### **1.1 Служба ГСМ и ее задачи**

Миллионы тонн ГСМ разных сортов расходуется ежегодно в ГА на выполнение полётов. Кроме автоматизации учетных операций при приёме, транспортировании, хранении и заправке летательных аппаратов, необходимо следить за качеством ГСМ, которое влияет на надежность и долговечность работы техники, а, следовательно, и на безопасность полётов.

Большинство случаев нарушения работоспособности элементов техники (при заправке ЛА некондиционным продуктом) происходит постепенно и связано с износом деталей, отложениями на них и их коррозией. Поэтому для предупреждения отказов техники, необходимо проверять чистоту ГСМ, противоизносные и антикоррозионные свойства, а так же устойчивость их к окислению. Для оценки качества ГСМ создается система лабораторного контроля, включающая более ста стандартизованных методов анализа, по которым определяются основные показатели качества топлива, масел и смазок.

Имеются 4-е группы этих методов анализа ГСМ для определения:

- физических свойств (плотность, вязкость, фракционный состав и т.д.);
- химического состава (содержание углеводородов, серы, воды);
- содержания присадок (ТЭС, АВКП и др.);
- эксплуатационных свойств (термоокислительная стабильность, антидетонационная стойкость, коррозионная агрессивность и т.п.).

Для бесперебойного обеспечения аэропорта всеми видами ГСМ и спец. жидкостями, организации заправки ВС, организации учёта наличия и расходования авиа ГСМ, организуется СЛУЖБА ГСМ.

Служба ГСМ в своей деятельности руководствуется действующим законодательством, планирует и осуществляет работу в соответствии с возложенными задачами:

- обеспечение аэропорта кондиционными ГСМ и спецжидкостями;
- эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт сооружений, оборудования и стационарных средств заправки (систем ЦЗС);
- проведение мероприятий по экономии и борьбе с потерями ГСМ и спецжидкостей на объектах службы ГСМ;
- обеспечение на объектах ГСМ выполнения требований по охране труда, технике безопасности, пожарной безопасности и по защите окружающей среды;
- периодический контроль организации работ по хранению ГСМ и заправке ВС;
- внедрение механизации и автоматизации в системе УЧЁТА ГСМ.

Схема процессов оперативного учета и отчетности по движению ГСМ на складе аэропорта приведена на рисунке 1.

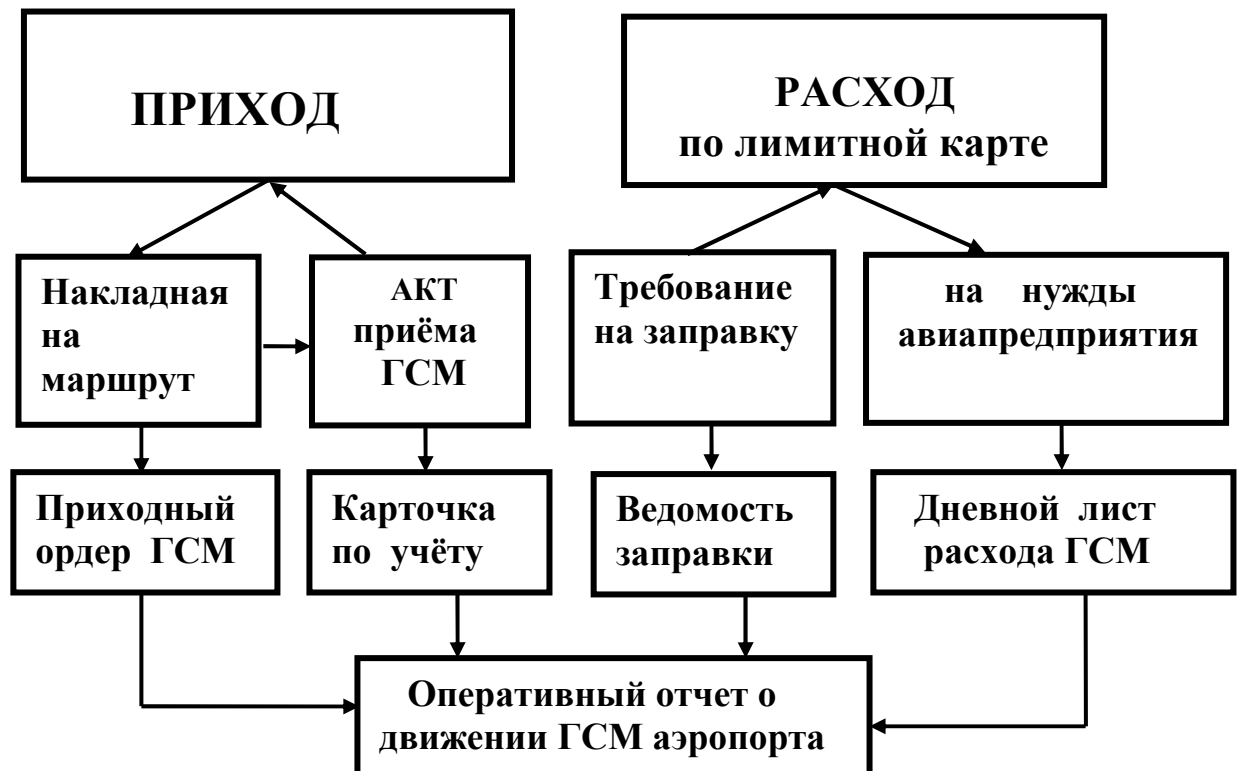


Рис. 1 Схема процессов оперативного учета и отчетности

## 1.2 Склад ГСМ

Склад предназначен для приёма, хранения, подготовки к заправке и выдачи на заправку ГСМ, а так же для сбора и хранения отработанных масел. На складе перекачивают ГСМ по трубопроводам от мест приёма к местам хранения, а от них – к местам выдачи, где заполняют передвижные средства заправки, дозируют АВКП в топливо, отбирают пробы, очищают ГСМ от механических примесей и воды, выполняют аэродромный контроль качества нефтепродуктов и восстанавливают его качество. Складские службы ведут оперативный учет движения ГСМ, а совместно с бухгалтерией и коммерческой.

Для автоматизации комплексного учета движения ГСМ на складе и для приведения его в соответствие с финансовой отчётностью в любой момент времени, разрабатываются и внедряются многоуровневые цифровые информационно – измерительные системы на базе ЭВМ (ЦИИС).

В каждой зоне склада: приёма и слива, хранения и выдачи, насосной станции, службы пожарной безопасности и т.п. создаются на базе ЭВМ автоматизированные рабочие места (АРМы). АРМ каждой службы, включая и бухгалтерию, представляет собой одноуровневую систему,



автоматизирующую работу инженерных устройств с учетом специфики их обслуживания.

Могут быть автоматизированы основные учетно-расчетные операции:

- поступление на склад всех видов ГСМ;
- учет расхода ГСМ по службам;
- отчетность служб ГСМ;
- оперативный учет ГСМ на складе;
- бухгалтерский учет и взаиморасчеты;
- оптимизация ЦИИС (цифровых информационных измерительных систем) и минимизация потерь.

Например, АРМ зоны хранения ГСМ, обрабатывая показания датчиков уровня топлива в резервуарах, его температуру и плотность, а так же учитывая калибровочные таблицы резервуаров и трубопроводов, в реальном масштабе времени вычисляет точную массу хранящегося нефтепродукта. Эта информация всегда доступна для центрального сервера многоуровневой системы, куда входят все АРМы.

ЦИИС может в любое время подвести оперативно-коммерческий БАЛАНС движения ГСМ в аэропорту, подготовить требуемые документы, передать информацию руководству и выполнить поступающие команды.

### **1.3 Централизованная заправка воздушных судов**

Все службы склада, включая и лабораторию проверки качества ГСМ, нацелены на выполнение главной задачи: обеспечение бесперебойной заправки ВС топливом, маслами и спецжидкостями.

Для слаженной работы склада в автоматизированном режиме в центральную ЭВМ вводят точную технологическую схему и схему обвязки оборудования склада, с указанием номеров насосов и задвижек, работающих при выполнении сливо-наливных и внутри складских перекачек. Оператор контролирует на экране монитора правильность прохождения каждой технологической операции.

Чтобы выполнить все работы по топливообеспечению аэропорта, службы склада имеют соответствующее инженерное оборудование.

Зона приёма и слива включает в себя:

- ж/д. эстакаду и тупики, устройства для слива топлив и масел из ж/д. цистерн, платформы для разгрузки ж/д. вагонов с ГСМ в мелкой таре;
- причальные устройства, при доставке водным транспортом;
- установки нижнего и верхнего слива;
- средства электронагрева, для слива масел;
- вакуумный коллектор, для слива противообледенительных жидкостей;
- коллекторы для реактивных топлив, бензинов, масел и АВКП;
- средства грозозащиты, заземления и достаточное освещение рабочей зоны.

Зона хранения отделена от остальной территории склада непрерывным земляным валом. На ней располагаются резервуары для

хранения топлив, масел и спецжидкостей. В пределах одного обвалованного участка могут располагаться резервуары для хранения ГСМ общей вместимостью не более 10 000 куб.м.

Условиями эксплуатации резервуаров являются: наличие системы пожаротушения, антикоррозионных и светоотражательных покрытий, калибровочных таблиц, системы механизированной зачистки.

Зона налива оборудована средствами перекачки и фильтрации. Заправка передвижных ТЗ производится через пункты налива. ВС могут заправляться непосредственно на местах стоянки, через заправочный агрегат (сервисёр). Технологическая схема налива включает в себя фильтры, расходомеры, дозаторы, стояки для отпуска топлива в автоцистерны и гасители гидроударов, элементы автоматического управления насосами, задвижками, клапанами–отсекателями, средства заземления и пожаротушения.

#### **1.4 Оперативно-коммерческий учет ГСМ**

Учет количества ГСМ в аэропортах подразделяется на два вида:

- ОПЕРАТИВНЫЙ, в единицах объёма (л) и массы (кг);
- БУХГАЛТЕРСКИЙ, только в единицах массы (кг). При всех измерениях уровня или объёма обязательно определяется температура и плотность ГСМ.

При проведении учета ГСМ ведется документация оперативного складского и бухгалтерского учета.

Складской учет ГСМ при приёме, хранении, межскладских перекачках, транспортировании и выдаче производится в соответствии с типовой технологической картой и по форме первичных документов, заполняемых при приёме и выдаче ГСМ со склада. Подразделения, использующие ГСМ, получают их со склада по лимитам, установленным экономической службой авиапредприятия с учетом заявленных ими потребностей. Этими же лимитами руководствуются и службы ГСМ.

Подразделения, получившие ГСМ со склада, ежемесячно отчитываются за их расход перед экономической службой предприятия, а контроль за выборкой лимитов со склада осуществляет начальник склада (техник по учету) ГСМ. Не реже одного раза в декаду подводятся итоги и определяются остатки ГСМ.

Отдел бухгалтерского учета и финансов (ОБУФ) предприятия воздушного транспорта (ВТ) учитывает движение ГСМ в денежном выражении по их себестоимости на основании первичных документов склада ГСМ. Основанием для бухгалтерских записей служит приходный ордер и расходный реестр, с приложенными к ним документами, а так же копии выписанных по расходу счетов-фактур.

Ответственность за правильность расчетов и обоснованность отражения расходов по ГСМ несут начальники экономических служб. Комплексная автоматизация складского и коммерческого учета ГСМ – это:

- мощный инструмент всестороннего учета товарных и финансовых операций, анализа динамики товарооборота, планирования поставок и расходов, оптимизации потерь и ценовой политики, автоматизации рутинных действий по заполнению документов;

- ведение многоуровневого и многомерного аналитического учета ГСМ на складе и в бухгалтерии, быстрая адаптация к любым изменениям законодательства и форм учета;

- формирование отчетности за любой период в реальном режиме времени, автоматическое получение оборотной ведомости, карточек счетов, главной книги, ведение кассы и банка, печать платежных документов, выдача отчетов для налоговых органов и, что очень важно, быстрый поиск нужной информации;

- автоматизация расчета заработной платы, кадровый учет и т.п. Ранее используемые бухгалтерские программы типа 1С, Фолио, Инфо Бухгалтер, Турбо Бухгалтер и др. могут органично войти в общую программу ЦИИС. В качестве разработчиков ПО желательно выбирать отечественных разработчиков.

Например, ОАО «Аэрофлот» и ОАО «Аэрофлот – Российские международные авиалинии» используют комплексные программы:

«Учет материалов», «Склад», «Транспорт», «Основные фонды», «Зарплата», «Бухгалтерия» и т.д., разработанные фирмой «Компьютер – сервер».

Однако задача согласования частных программ: информационных, управляющих и бухгалтерских, а так же построение и пусконаладочные работы всей системы ЦИИС в аэропорту должен выполнять подрядчик в соответствии с техническим заданием.

Фирма-подрядчик сопровождает аппаратно-программный комплекс, обновляет версии программ, осуществляет настройку программы на особенности учета ГСМ на Вашем предприятии, делает необходимые доработки, проводит обучение и консультации специалистов совместно с кафедрой МГТУ ГА.

Чтобы работать с программой было удобно, необходимо чтобы был дружеский интерфейс и использовалось минимальное количество клавиш при вводе и выводе информации, что позволит оператору быстро освоить АРМ.

Даже стандартная бухгалтерская программа позволяет обрабатывать и выводить на печать основные виды документов: накладные, счета, счета-фактуры, платежи, приходные и расходные ордера, формировать базу данных прихода и расхода. Ввод может осуществляться в разных единицах измерения с автоматическим пересчетом (например, приход в упаковках, а расход поштучно).

При заполнении накладных и счетов на экран выводятся: остаток товара на складе, зарезервированное количество и остаток с учетом резерва.

В программе предусмотрено формирование документа «Счет фактура», который строится на основе документов о движении товара и денег. Ведется журнал регистрации счетов фактуры.

При выписке документов на отпуск или оплату товаров, ставится отметка о начислении или нет налога с продаж. Проводки по налогу с продаж вычисляются автоматически при формировании бухгалтерских проводок. Проводки можно сворачивать по счетам (все проводки с совпадающими счетами дебета и кредита – одна проводка), по документам, товарам, складам, датам, а можно и вообще не сворачивать. В программе отражено всё многообразие взаиморасчетов с поставщиками и потребителями. Можно вести расчеты как в целом по поставщику или потребителю, так и по каждому документу и даже по каждому товару, в рублях и в валюте. Оплата может быть как единой суммой, так и с указанием за какие товары. Программа позволяет осуществлять бартерные операции с поставщиками и с потребителями. Предусматриваются все виды оплат: по наличному и безналичному курсу, в рублях и в валюте, полная и частичная оплата, предоплата, оплата по документам, оплата единой суммой или с разбивкой по товарам.

Программа позволяет вводить приход и расход денег в кассе и в банке, получать отчеты по движению денег и товаров, кассовые отчеты, банковские выписки, печатать ордера, платежки и многое другое. Всё, что происходит с товаром, деньгами, взаиморасчетами является ОПЕРАЦИЕЙ. Количество операций в программе не ограничено! Можно вводить любое количество своих собственных операций, причем они будут обрабатываться программой наравне с операциями, заложенными в базовую версию. Соблюдая определённые правила, операции можно удалять, менять их название и описание.

Программный модуль «Управление приходом/расходом» даёт пользователям возможность оформлять различные виды договоров, планировать исполнение своих обязательств, составить план закупок и т.д. Модуль «Управленческий анализ», входящий в базовый комплект, позволяет вырабатывать для себя рекомендации на будущее, получать отчеты по товарным запасам в днях, динамике движения товара и денег за выбранный период. Информацию можно просмотреть в виде таблиц, диаграмм и графиков. Для каждого пользователя устанавливается индивидуальный пароль при входе в систему. Права могут быть установлены в широком диапазоне – от возможности работы со строго ограниченным видом операций до полного набора прав на чтение, добавление, модификацию и удаление любых видов данных.

Существует возможность установить доступ пользователя «без права настройки». В этом случае пользователь не сможет изменить структуру таблицы, настроить отчет или бланк и т.п.

По паролю можно ограничить доступ к элементам меню, создав тем самым индивидуальный интерфейс. Введена система авторизации доступа, позволяющая узнать, кто и когда внес изменения в документы. Система

резервного копирования, встроенная в программу, позволяет организовать автоматическое создание архивных копий Ваших данных. Система использует встроенную процедуру архивирования и не требует внешнего архиватора. Каждый раз при создании очередной резервной копии создаётся НОВЫЙ файл. Предусмотрена возможность экспорта архива на диски.

Деловые документы, содержащие количественную информацию, нагляднее представлять в виде графиков и диаграмм, используя встроенные функции программы.

Программа «Торговый склад» позволяет легко обновлять и передавать через ИНТЕРНЕТ информацию для других аэропортов, не прибегая к трудоёмким процедурам или к услугам сторонних специалистов. Например, при изменении прайс-листа фирмы, достаточно изменить количество товара и цены в программе, сформировать прайс-лист в Интернет (HTML) формате и готовый отчет (HTML файл) отправить на свою Web - страничку.

Порядок определения количества НП при проведении различных операций регламентируется соответствующими инструкциями и нормативными актами.

Согласно «ИНСТРУКЦИИ о порядке ведения учета, отчетности и расходовании ГСМ в гражданской авиации» (Аэропроект, 1994г.), определяются основные положения и общие правила достоверного учета ГСМ и его документального оформления. Организация учета ГСМ на складах и отделах (СЛУЖБАХ) предприятия воздушного транспорта (ВТ) осуществляется руководителями служб под общим руководством главного бухгалтера предприятия ВТ.

## **1.5 Автоматизация учета**

На уровне авиапредприятий могут быть автоматизированы следующие основные учетно-расчетные операции:

- учет поступления на склад всех видов ГСМ;
- учет расхода ГСМ со склада;
- градуировка резервуаров;
- учет расходов ГСМ по службам;
- инвентаризация на складе ГСМ;
- отчетность служб ГСМ;
- бухгалтерский учет и взаиморасчеты с потребителями за заправку ГСМ и их продажу;
- оперативный учет наличия ГСМ на складе;
- создание автоматизированного комплекса коммерческого учета ГСМ.

Для решения этой задачи на базе ЭВМ создаются автоматизированные рабочие места (АРМ) техников служб ГСМ, появляются бухгалтерские программы для автоматизации складского учета и торговли, делаются попытки совместить управление технологическими

процессами с оперативным и финансовым учетом движения ГСМ. В одном лице происходит совмещение функций техника по учету ГСМ и бухгалтера.

Разрабатываются унифицированные средства измерения первичных датчиков информации, точностные характеристики которых определены нормативными документами:

- датчики уровня		с точностью до 1мм;
- датчики температуры	-	до 0,5°C;
- датчики плотности	-	до 0,5 кг \ м <sup>3</sup> ;
- датчики объёма (более 2000 л)	-	до 10л;
(менее 2000 л)	-	до 1л;
- датчики массы	-	до 1кг;
- датчики массы ГСМ (до 100 т)	-	до 0,8%;
(от 100т и выше)	-	до 0,5%;
- расходомеры	-	до 0,5%.

Точность определения количества ГСМ при учетно-расчетных операциях обеспечивается следующими мероприятиями:

- систематическим контролем стандартных средств измерений;
- применением стандартных методик выполнения измерения высоты разлива, объёма, расхода, плотности, температуры;
- проверкой соответствия градуировочным таблицам базовой высоты, наклона резервуара, описи деформаций и т.п.;
- внешним осмотром дефектов средств измерений, в том числе железнодорожных цистерн, автоцистерн, трубопроводов и др.

Количество ГСМ, которое должно числиться на складе, определяется так: а) фактическое (Ф) наличие ГСМ, выявленное при инвентаризации, оказалось больше данных бухгалтерского (Б) учета, но:

- если расхождение между ними находится в пределах погрешностей, то излишки не учитываются и записывается количество ГСМ по бухгалтерскому учету;

- если расхождение между ними превышает пределы погрешности, то разница между расхождением и величиной погрешности учитывается как излишки, подотчет записывается количество ГСМ по бухгалтерскому учету плюс излишки;

б) фактическое наличие ГСМ оказалось меньше данных бухгалтерского учета:

- если расхождение находится в пределах естественной убыли ГСМ, то оно не учитывается, записывается фактическое значение ГСМ, а расхождение списывается за счет естественной убыли;

- если расхождение превышает величину естественной убыли ГСМ, но разность между ними находится в пределах погрешностей средств измерения, то расхождение не учитывается, под отчет записывается количество ГСМ по бухгалтерскому учету за вычетом естественной убыли;

- если расхождение превышает сумму величин естественной убыли и погрешностей средств измерения, то разность между расхождением и

суммарной погрешностью является недостачей, под отчет записывается количество ГСМ по бухгалтерскому учету за вычетом естественной убыли и недостачи.

После проведения инвентаризации оформляется акт, который утверждается руководителем предприятия, и передаётся в финансовый отдел.

К Акту снятия остатков ГСМ прикладывают:

- ведомость замеров ГСМ;
- расчет потерь по нормам естественной убыли;
- расчет потерь от погрешностей средств измерения;
- расписка материально-ответственных лиц.

Аппаратно-программные средства управления системами авиатопливообеспечения аэропорта строятся по модульному принципу, что позволяет оперативно с наименьшими затратами создавать и модернизировать автоматизированные комплексы управления и коммерческого учета нефтепродуктов при их приёме, хранении и отпуске.

## **Раздел 2. Эксплуатация оборудования складов ГСМ**

### **2.1 Средства приема**

В соответствии с «РУКОВОДСТВОМ по технической эксплуатации складов и объектов горюче-смазочных материалов предприятий гражданской авиации» нормативной документацией предусматривается ОДИН расходный склад ГСМ, обеспечивающий приём, хранение и выдачу ГСМ. Вместимость склада в аэропорту определяется среднесуточным расходом топлива и способом его поставки.

Для хранения нефтепродуктов используются резервуары:

- горизонтальные - вместимостью (м<sup>3</sup>) 3, 5, 10, 20, 25, 50, 60, 75;
- вертикальные - вместимостью (м<sup>3</sup>) 400, 700, 1000, 2000, 5000, 10000.

Перекрытие потока топлива осуществляется с помощью задвижек с ручным и автоматическим управлением.

Для перекачки топлива используются центробежные насосы типа: АСВН, АСЦЛ, ЦСП, НДВ и НК. Автоматическое управление ими в настоящее время осуществляется только на ЦЗС.

Выдача топлива в ТЗ производится через пункты нижнего слива с производительностью от 500 до 2500 л/мин.

Приём ГСМ на склад аэропорта осуществляется через ж/д эстакады или отдельные стояки, причалы, узлы приёма топлива по трубопроводу, пункты налива из автоцистерн (АТЦ). Для слива железнодорожных цистерн (ЖДЦ) и погрузки-разгрузки ГСМ в таре ж/д тупики оборудуются:

- эстакадами с устройствами для верхнего и нижнего слива цистерн;
  - стационарными и передвижными насосными установками;
- устройствами для подогрева вязких и застывающих ГСМ в цистернах;
- заглублёнными резервуарами для слива вязких и застывающих ГСМ;

- средствами механизации погрузочно-разгрузочных работ;
- связью с ж/д станцией, освещением, заземлением и пожарным инвентарем.

Для осуществления операций по сливу-наливу судов причалы оборудуются:

- швартовыми устройствами для упора и надежной швартовки судов;
- шлангирующими устройствами для соединения береговых трубопроводов со сливо-наливными устройствами судов;
- стационарными, передвижными или плавучими насосными установками;
- средствами механизации швартовки и шланговки судов;
- переносным и стандартным оборудованием, а так же средствами подачи электроэнергии;
- связью, устройством заземления судов, пожарным инвентарём;
- ограждением со стороны берега.

## 2.2 Насосные станции

До начала перекачки топлива в журнале «Учета..» делается запись:

- о наличии паспорта на топливо;
- о проверке наличия воды;
- об уровнях взлива топлива в расходном и приёмном резервуарах и отборе проб из них;
- о разрешении перекачки.

Ответственные лица убеждаются в правильности открытия задвижек, исправности всей технологической цепи и по телефону сообщают о готовности складов к началу перекачки.

В процессе перекачки необходимо:

- следить за работой насосных агрегатов, уровнем топлива в резервуарах, давлением в трубопроводах;
- периодически производить замеры перекачиваемого топлива, фиксировать эти данные в журнале и передавать их на другой склад (нефтебазу);
- следить по манометрам за перепадом давления на фильтрах.

По окончании перекачки следует:

- выключить насос на перевалочном складе (нефтебазе);
- закрыть задвижки на приёме и выдаче;
- произвести определение количества топлива в резервуарах и сделать соответствующие записи в журнале «Учета...».

Перед пуском насоса необходимо:

- убедиться в исправности насоса и привода;
- проверить плотности сальниковых уплотнений;
- убедиться в наличии ограждений и кожухов, манометра.

Во время работы насосного агрегата необходимо:

- наблюдать за показаниями манометров, вакуумметров и мановакуумметров;



- поддерживать нормальное рабочее давление;
- отключать агрегат при появлении нехарактерного шума и стука;
- контролировать наличие смазки трущихся деталей, температуру подшипников и сальников, не допуская нагрева их выше 60 гр.С;
- при использовании вместо стационарных рабочих станций подвижных перекачивающих станций и мотопомп необходимо следить за погружением рукавов в ГСМ.

### **2.3 Трубопроводы**

Трубопроводная сеть системы ЦЗС должна иметь внутреннее антикоррозионное покрытие, быть испытана на прочность и герметичность, а так же иметь техническую документацию:

- технологическую схему трубопровода, на которой должны быть обозначены и пронумерованы резервуары, оборудование, устройства и приборы;
- градуировочные таблицы на трубопроводы и приёмные резервуары;
- инструкцию по эксплуатации трубопровода.

### **2.4 Резервуары**

На каждый резервуар, находящийся в эксплуатации, должна быть следующая документация:

- проектно-сметная документация;
- паспорт;
- градуировочная таблица;
- схема и акты нивелирования окрайки и полотнища днища;
- схема молниезащиты и защиты резервуара от проявлений статического электричества;
- акты на замену оборудования резервуара;
- акт на выполнение противокоррозионного покрытия;
- акты на окраску резервуара;
- акт на выполненную очистку резервуара;
- акты по проведенным ремонтным работам.

Учет топлива в резервуарах осуществляется средствами измерения:

- метроштоки;
- рулетки с лотом переносные;
- градуировочные таблицы и калибровочные отметки в горловине автоцистерн;
- счетчики расхода с ЦЗС в ТЗ, на АЗС, МРК, ТРК и т.д.

Оборудование резервуарных парков, относится к объектам пожарной и экологической опасности и должны соответствовать требованиям безопасности объектов нефтепродуктообеспечения (ППБ-01-03 от 1997г.).

При эксплуатации резервуарных парков следует пользоваться настоящим «РУКОВОДСТВОМ...», соблюдая правила охраны труда и пожарной безопасности.

## 2.5 Пункты налива

В зависимости от месторасположения и технологической схемы пункты налива (ПН) для заправки топливозаправщиков (ТЗ) могут быть следующих типов:

- ПН на складе ГСМ;
- предперонный ПН ;
- ПН системы ЦЗС.

Для любого типа ПН предусматривают комплект оборудования для выполнения следующих операций:

- фильтрация топлива;
- нижнее заполнение ТЗ;
- учет количества отпущенного топлива;
- добавление ПВК жидкости в требуемом количестве;
- нейтрализацию зарядов статического электричества;
- защиту оборудования от гидроударов;
- дистанционный или автоматический запуск и остановку насоса в насосной станции;
- автоматическое прекращение подачи топлива после наполнения цистерны ТЗ до заданного уровня;
- сбор и утилизацию топлива при проверке качества и слива отстоя;
- смыв и сбор пролитого топлива;
- сигнализация аварийных состояний.

Пункты налива топливозаправщиков и их трубопроводные коммуникации должны быть автономными для каждого сорта топлива, для каждой марки авиабензинов. В состав ПН должно входить следующее оборудование:

- раздаточный рукав с наконечником нижней заправки;
- нейтрализатор зарядов статического электричества;
- счётчики и дозаторы ПВК-жидкости;
- гидроамортизаторы;
- запорная арматура с клапаном-отсекателем;
- устройства для ограничения налива;
- средства управления и автоматизации;
- средства фильтрации и водоотделения;
- приборы контроля расхода и давления.
- устройство для заземления ТЗ.

В авиапредприятиях используется около 1000 топливораздаточных колонок типа КЭР-40-0,5-1, ТК-40 и маслораздаточных колонок типа ВЗА, МГЗ, КНР-89, 367МЗ, 3155 и т.п.

Таким образом, при приёме НП из ж/д или автоцистерн, а так же при хранении НП в резервуарах, измеряют высоту разлива НП, его плотность и температуру, применяя автоматизированные уровнемеры, метроштоки, нефтенсиметры и термометры.

При приеме НП по трубопроводам или отпуске через колонки, пункты налива, системы ЦЗС измеряются объёмы, масса, температура, плотность НП и используются показания счетчиков и расходомеров, мерные кружки, весы, термометры и нефтенсиметры.

Автоматизированные системы учета ГСМ объединяют все АРМы тех. процессов в единую информационную систему, включающую лимитную бухгалтерскую группу и администрацию, математически обрабатывают полученную информацию, хранят и документируют результаты.

### Раздел 3. Измерительные средства

#### 3.1 Основы теории элементов преобразователя

С точки зрения технических применений различают 5 видов энергий: механическую, электрическую, магнитную, тепловую и химическую.

Вид энергии	Обобщенная сила	Обобщенное перемещение	Обобщенная скорость	Сопротивление
Механическая	F-механическая сила	S- путь(м)	V-скорость (м/сек)	$\mu = F / V$ (кГсек/м)
Электрическая	U- напряжение (В)	Q- заряд (Асек)	I- ток (А)	$R = U / I$ (Ом = В/А)
Магнитная	M- магнито-движущая сила	Ф-магнитный поток	РФ - производная потока по времени	$Z = M / \Phi$ (имеет размерность упругости)
Тепловая	T-абсолютная температура (градус)	Э-энтропия	H- поток тепла	$Q = \Delta H$ (теплопроводность)
Химическая	П- химический потенциал	В-вещество	P- скорость протекания реакции	$X = \Delta P$

Каждый из этих видов может переходить в другой. Установились вполне определённые соотношения, которые придают вполне определённый смысл таким величинам как:

- обобщенная сила;
- обобщенное перемещение (путь);

- обобщенная скорость (производная от перемещения);
- обобщенное сопротивление (упругость, проводимость).

Причём для каждого вида энергии произведение СИЛЫ на ПЕРЕМЕЩЕНИЕ имеет размерность ЭНЕРГИИ или РАБОТЫ, а произведение СИЛЫ на СКОРОСТЬ – размерность МОЩНОСТИ или ПОТОКА ЭНЕРГИИ.

Для химической энергии роль силы играет химический потенциал, а роль перемещения – количество вещества.

Внешние силы, действующие на любую систему, уравниваются реакцией системы в виде, например, перемещений. Поэтому, приступая к рассмотрению системы, важно установить число каналов по которым энергия входит в систему и выходит из неё.

С точки зрения использования преобразователей в технике интересна их работа в динамическом режиме. Внутренняя энергия системы состоит из 3-х видов: потенциальной (С), кинетической (К) и рассеиваемой (Т) энергий.

Математические зависимости реакции системы на внешние возмущения позволяют исследовать динамические процессы как стационарных, так и нестационарных систем.

### 3.2 Каноническое уравнение преобразователя

Рассмотрим двусторонний преобразователь энергии из одного вида в другой.

Сторона, с которой происходит питание преобразователя называется ВХОДНОЙ (1), а к которой подсоединён потребитель – ВЫХОДНОЙ (2) стороной.

Каждая сторона характеризуется двумя переменными:  $X$  – силой и  $Y$  – скоростью, а их произведение  $X \times Y = P$  – имеет размерность мощности.

Учитывая, что любая внешняя сила, действующая на систему, равна произведению сопротивления на скорость, запишем каноническое уравнение преобразователя (четырёхполюсника):

$$X_1 = Z_{11} Y_1 + Z_{12} X_2$$

$$Y_2 = Z_{21} Y_1 + Z_{22} X_2.$$

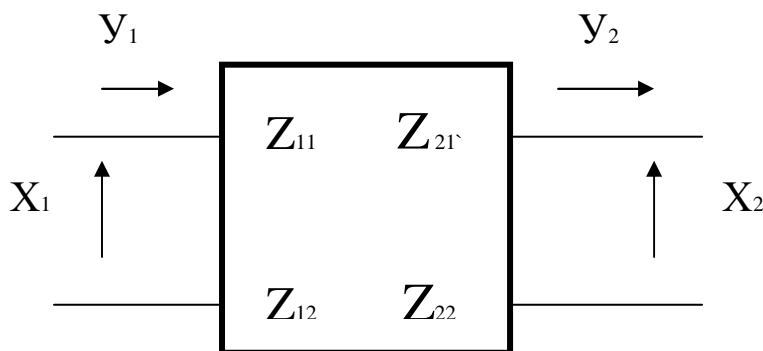
При коротком замыкании на выходе, т.е. когда  $X_2 = 0$ ; входное сопротивление равно:

$$Z_{11} = X_1 / Y_1,$$

а прямой коэффициент передачи равен:

$$Z_{21} = Y_2 / Y_1.$$

При холостом ходе, когда  $Y_1 = 0$ ; обратный коэффициент передачи равен:  $Z_{12} = X_1 / X_2$ , а выходная проводимость будет:  $Z_{22} = Y_2 / X_2$ .



Удобно любой преобразователь представлять уравнениями как четырёхполюсник, где в левой части уравнения представлены возмущающие силы на входе (1), в правой его части реакция на эти возмущения (2), тогда:

$$\begin{aligned} X_1 &= a X_2 + b Y_2; \\ Y_1 &= c X_2 + d Y_2, \end{aligned}$$

где  $a, b, c, d$  – коэффициенты Брейзинга.

Откуда

$$\begin{aligned} \text{æ} X_2 &= d X_1 - (-b) Y_1, \\ \text{æ} Y_2 &= (-c) X_1 + a Y_1 \end{aligned}$$

где оператор

$$\text{æ} = \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} = ad - bc$$

В общем случае, уравнение внешних сил и реакция системы связаны через сопротивления ( $Z = X/Y$ ) равные частным от деления СИЛЫ на СКОРОСТЬ.

$$\begin{aligned} X_1 &= Z_{11} Y_1 + Z_{12} Y_2, & \text{где матрица } Z_{00} &= \begin{vmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{vmatrix} \\ X_2 &= Z_{21} Y_1 + Z_{22} Y_2 \end{aligned}$$

Коэффициенты Брейзинга определяются через сопротивления  $Z$ :

$$a = Z_{11}/Z_{21}; \quad b = -Z_{00}/Z_{21}; \quad c = 1/Z_{21}; \quad d = -Z_{22}/Z_{21};$$

и наоборот:

$$Z_{11} = a/c; \quad Z_{12} = -b/c; \quad Z_{21} = 1/c; \quad Z_{22} = -d/c;$$

$$\text{æ} = -Z_{12}/Z_{21} = -1, \text{ т.к. } Z_{12} = Z_{21}.$$

Определение сопротивления ( $Z = X/Y$ ) как частного от деления силы ( $X$ ) на скорость распространяется на любые физические величины, которым мы приписываем смысл СИЛ и СКОРОСТЕЙ.

Будем считать скорость положительной, если движение совершается в направлении действия силы.

Можно теперь сформулировать **правило ЗНАКОВ**:

« Сопротивление  $Z = X/Y$  - есть положительная величина, если она выражена отношением внешней силы к вызываемой ею скорости, направленной в ту же сторону, что и сила».



$$\begin{aligned} \text{Входное сопротивление} &= Z1 = U1/I1 \\ \text{Нагрузочное сопротивление} &= Z2 = - U2/I2 \end{aligned}$$

Входным сопротивлением преобразователя со стороны (1), при  $U2=0$ , будет частное значение сопротивления:

$$\begin{aligned} Z11 &= X1/Y1 = a/c \quad \text{и} \\ Z22 &= X2/Y2 = - d/c \end{aligned}$$

со стороны (2) при  $U1=0$ , которое называется собственным выходным сопротивлением преобразователя.

Входное и выходное сопротивления преобразователя в общем виде находятся из исходных канонических уравнений преобразователя. Эти сопротивления не могут быть отрицательными, если преобразователь не содержит источников энергии.

**Соотношения  $U2/X1$ ;  $X2/X1$ ;  $U2/U1$ ;  $X2/U1$  представляют собой количественную меру эффекта на выходе по отношению к воздействию на входе и могут быть приняты в качестве определения ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ.**

Чувствительностью преобразователя называется величина, выражающая количественно эффект на выходе по отношению к воздействию на входе:

$$\mu_{12} = U2/X1, \quad \text{при } U1 = 0.$$

Коэффициент преобразования  $Q = 1/\mu$  представляет собой предельное значение величины, обратной чувствительности.

Одной из важнейших характеристик преобразователя является **КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ( $\xi$ )**, который всегда меньше 1. Он определяется как отношение потока энергии, вытекающего из преобразователя на выходной стороне, к потоку энергии, втекающему на входной стороне:

$$\xi = - X2 U2/X1 U1$$

При практическом применении теории необходимо выяснить чем руководствоваться, приписывая смысл силы, скорости или перемещения каждой из двух физических величин на каждой стороне данного реального преобразователя.

Для этого воспользуемся размерностью произведения 2-х входных и 2-х выходных величин характеризующих преобразователь.

Если произведение имеет размерность ЭНЕРГИИ (РАБОТЫ), то одному из сомножителей следует приписать смысл СИЛЫ, а другому – ПЕРЕМЕЩЕНИЕ (ПУТЬ).

Если произведение имеет размерность ПОТОКА ЭНЕРГИИ (МОЩНОСТИ), то одному из сомножителей приписывается смысл СИЛЫ, а другому – СКОРОСТИ (ПРОИЗВОДНОЙ ОТ ПУТИ).

Так для электронного преобразователя входными величинами будут ЭДС  $E$  (В) и ток ( $A$ ), а их произведение – МОЩНОСТЬ (Ватт), то при составлении канонического уравнения ЭДС приписывается смысл СИЛЫ, а ТОКУ – смысл СКОРОСТИ. Аналогично и для выходного напряжения и тока.

### 3.3 Преобразователи неэлектрических величин

В зависимости от вида выходного сигнала все измерительные преобразователи физических величин делятся на:

- **параметрические**, где выходными величинами являются параметры электрической цепи, такие как сопротивление ( $R$ ), ёмкость ( $C$ ), индуктивность ( $L$ ) или взаимная индуктивность ( $M$ );
- **генераторные**, где выходной величиной является ЭДС или заряд.

К важнейшим метрологическим характеристикам преобразователей относятся:

- статическая характеристика (обычно линейная, но бывают квадратичные, логарифмические, и др.);
- чувствительность;
- основная и дополнительная погрешности;
- динамические погрешности, обусловленные инерционностью преобразований;
- полное выходное сопротивление преобразователя.

Среди параметрических преобразователей наиболее широкое применение получили следующие:

- тензометрические, основанные на изменении электрического сопротивления проводника при его механической деформации (тензоэффект); относительное изменение сопротивления проводника  $\Delta R/R = S \Delta L/L$  линейно зависит от деформации проволоки, здесь  $S$  – коэффициент тензочувствительности;

- термометрические, где используется зависимость электрического сопротивления проводника от температуры, для исключения влияния температуры окружающей среды часто в схему измерения добавляется компенсационный терморезистор;

- индуктивные, использующие зависимость собственной или взаимной индуктивности обмоток на магнитопроводе от взаимного положения, геометрических размеров и магнитного состояния отдельных элементов конструкции. Собственная индуктивность  $L$  обмотки на магнитопроводе

связана с числом витков  $w$  обмотки и магнитным сопротивлением  $Z_b$  магнитопровода соотношением:  $L = w^2 / Z_b$ . Областью применения индуктивных преобразователей является измерение перемещений, усилий, давлений и т. п.;

- ёмкостные, реализующие зависимость электрической ёмкости  $C$  конденсатора от площади  $S$  обкладок, расстояния между ними  $d$  и относительной диэлектрической проницаемости среды  $\varepsilon$ , в которой они находятся:

$$C = \varepsilon \varepsilon_0 S/d, \text{ где } \varepsilon_0 - \text{электрическая постоянная.}$$

**Зависимость  $C = F(\varepsilon)$  используется в измерителях уровней жидкости (уровнемерах).**

Если в резервуар с НП поместить два электрода, то при изменении уровня жидкости будет меняться общая (воздух плюс жидкость) диэлектрическая проницаемость среды между электродами, а значит и ёмкость устройства. Основными достоинствами ёмкостных преобразователей являются высокая чувствительность (реагируют на перемещения порядка  $10^{-7}$  мм), малая инерционность и отсутствие подвижных частей. Однако они подвержены влиянию внешних электрических полей, паразитных емкостей, температуры и влажности.

Для уменьшения этих влияний необходимо применять экранирование, термостатирование, заземление и качественную (высокоомную) изоляцию, т.к. требуются высокочастотные (десятки мегагерц) источники питания цепей с ёмкостными преобразователями.

**Генераторные преобразователи можно разделить на три группы.**

Первая.

**Термоэлектрические** – применяются для измерения температуры. Термоэлектрический эффект заключается в следующем: в замкнутой цепи из разнородных проводников, образующих термопару, при разных температурах в точке соединения возникает термоЭДС. Значение термоЭДС можно измерять с помощью цифрового милливольтметра. Термопары из благородных металлов позволяют измерять температуры в диапазоне от  $20^\circ\text{C}$  до  $1800^\circ\text{C}$ , с погрешностью  $\pm 0,1\%$ , а диапазоны термопар из тугоплавких металлов и сплава хромель-копель составляют от  $-200^\circ$  до  $1300^\circ\text{C}$ , с погрешностью  $\pm 1,0\%$ .

Вторая.

**Индукционные** – основаны на действии закона электромагнитной индукции, в соответствии с которым при изменении магнитного потока в поле которого находится проводник, в проводнике наводится ЭДС:  $E = -Wd\Phi/dt$ , где  $d\Phi/dt$  – скорость изменения магнитного потока;  $W$  - число витков проводника (катушки). Эти преобразователи надёжны в работе и обладают высокой чувствительностью, но имеют ограниченный частотный диапазон. Они обычно используются для измерения скорости линейных и угловых перемещений.



Третья.

**Пьезоэлектрические** – основаны на использовании прямого пьезоэлектрического эффекта (эффекта Холла), возникающего в кристаллических диэлектриках (кварц, титанат бария, сегнетовая соль и т.д.), называемыми пьезоэлектриками, и заключающегося в появлении электрического заряда на поверхности этих материалов под влиянием механических напряжений. Они применяются для измерения быстроменяющихся усилий, давлений вибраций и т.п. Включённая в резонансный контур кварцевая пластина позволяет с точностью  $\pm 0,005^\circ\text{C}$  измерять температуру по изменению его частоты в диапазоне от  $-260^\circ$  до  $+500^\circ\text{C}$ . Высокая точность кварцевых термометров связана с высокой стабильностью параметров преобразователя и высокими метрологическими характеристиками измерителей частоты.

Для характеристик электрических приборов, измеряющих неэлектрические величины, важными являются не только качество и параметры измерительных механизмов, но и схемы в которые они включены.

Для параметрических преобразователей чаще используют мостовые, компенсационные и резонансные измерительные схемы. Выход генераторных преобразователей подключают непосредственно к входной цепи усилителя, согласовывая входные и выходные сопротивления, т.к. при равенстве сопротивлений передаётся максимальная мощность сигнала.

### 3.4 Уровнемеры

Уровень нефтепродуктов (НП) и подтоварной воды в резервуарах отсчитывается с точностью до 1мм. Для этого применяются стационарные уровнемеры, установленные в резервуарах и обеспечивающие совместно с измерением объёма, температуры и плотности погрешность измерения массы по ГОСТ Р 8.595-2004. В настоящее время определение принимаемого (отпускаемого и хранящегося) количества НП производится автоматическими средствами измерений (узлами учёта).

**Поплавковые уровнемеры** применяются для непрерывного определения уровня. Магнитострикционный преобразователь (ПР) уровня НП основан на измерении времени распространения в стальной проволоке импульса упругой деформации (ИС «Струна»).

**Ёмкостные ПР**, где жидкость используется как диэлектрик между электродами, погруженными в неё. При изменении уровня жидкости изменяется диэлектрическая постоянная, т.е. ёмкость ПР (ИС «Игла»).

**Фотоэлектрические ПР** (световые) используют для определения дискретных уровней, когда жидкость превышает высоту установки источника света и приёмника, прерывая световой луч: видимый свет (с длиной волны от 380нм до 780нм); ультрафиолетовое излучение (от 10нм до 380нм); инфракрасное излучение (от 780нм до 3000нм).

**Ультразвуковые ПР** (диапазон частот свыше 20кГц) измеряют как дискретные, так и непрерывные значения уровней жидкостей. Различают два режима работы УП:

- для дискретных систем, когда луч прерывается жидкостью и энергия ультразвука поглощается ею;
- для непрерывных систем промежуток времени между излучением и приёмом импульса отраженного от поверхности жидкости характеризует расстояние до преобразователя.

Для УЗ ПР не существует верхнего предела частот. Излучают и принимают волны целого ряда частот специальные пьезоэлектрические датчики, имеющие резонансную частоту в диапазоне ультразвука. Преимуществом ультразвука является большая направленность излучения (чем у звука), хорошие свойства отражения и взаимодействия.

В настоящее время широкое распространение получили **гибридные системы учёта продуктов в резервуарах**: на основе магнитострикционных ПР, радарных уровнемеров, гидростатических систем измерения, сервоизмерителей и т.п.

В отличие от систем количественного учета НП в резервуарах, в 1998г предложена система «MTG – Multifunction Tank Gauge», выполняющая измерения массы продукта с коммерческой точностью 0,05%, уровня, объёма, плотности, температуры, уровня подтоварной воды, содержания воды в НП и паров над НП. Система обеспечивает автоматическую самокалибровку и диагностику, не имеет подвижных частей, монтируется и вводится в работу без вывода резервуара из нормальной эксплуатации.

Аналогичные системы автоматизированного учёта НП разработаны и внедрены в эксплуатацию отечественными производителями, о чём будет сказано ниже.

### 3.5 Расходомеры

Расходомеры – это преобразователи, которые используются для измерения потока жидкости, регистрируя скорость и расход за заданный промежуток времени:

- массовый расход (кг/с);
- объёмный расход (куб. м/с);
- скорость потока (м/с).

В большинстве измерений речь идет об объёмном расходе, а массовый расход вычисляется, хотя при этом следует учитывать изменения давления, плотности и температуры. Измерения скорости потока служат для определения массового или объёмного расхода.

Существуют различные принципы построения расходомеров:

- механический (турбинный, пружинный);
- на основе перепада давлений (трубки Пито и Вентури);
- на принципе термальных явлений (термоанемометры);

- электромагнитный метод (ЭДС, наводимая в потоке, протекающем через переменное магнитное поле);
- путем генерирования завихрений («Уличные» вихри фон Кармана);
- ультразвуковой метод (используется эффект Доплера). - по изменению частоты вибрации U-образной трубки (эффект Кариолиса) с одновременным определением плотности НП.

### 3.6 Датчики температуры

Тепло – это мера кинетической энергии, которая может передаваться от одного тела или системы к другому следующими способами:

- теплопроводностью – диффузией через среду;
- конвекцией – движением среды;
- излучением – с помощью электромагнитных волн.

Теплоёмкость – это количество тепла, необходимого для повышения температуры тела на один градус.

Удельная теплоёмкость – это отношение теплоёмкости тела к его массе.

Термическое сопротивление является мерой способности тела препятствовать прохождению через него теплового потока.

Температура равновесия, в которой одновременно существуют вода, лед и пар, соответствуют в термодинамической шкале: 0гр.С или 73,16гр.К, при стандартном давлении.

Термисторы – полупроводниковые приборы, сопротивление которых зависит от температуры и может быть аппроксимировано тремя аналитическими выражениями:

для отрицательных температур:  $R_t = R_0 [1 + a t + b t^2 + c t^3 (t - 100) ]$ ;

для положительных температур:  $R_t = R_0 [1 + a t + b t^2 ]$ ;

приближенно, для температур в диапазоне от 0° до 180°С:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t);$$

где:  $R_0$  - сопротивление при температуре 0°С (стандартные значения: 1, 10, 50, 100, 500 Ом);

$a, b, c$  – постоянные коэффициенты;

$\alpha$  - температурный коэффициент сопротивления проводника;

$t$  – текущая температура, °С.

В приборах для измерения температуры широко применяются терморезисторы:

- платиновые, для измерения температуры в диапазоне от - 260° до +1100 °С, с точностью измерения  $\pm 0,002\%$ ;
- медные (в диапазоне от - 200° до + 200°С, с точностью  $\pm 0,5\%$ );
- никелевые (в диапазоне от - 50° до + 180°С, с точностью  $\pm 0,5\%$ );
- полупроводниковые (термодиоды и термотранзисторы, в диапазоне

от  $-270^{\circ}$  до  $+300^{\circ}\text{C}$ ). Их достоинствами являются: высокая чувствительность ( $\alpha$  в 10 раз больше, чем у чистого проводника), большие сопротивления (до 1 Мом), малые размеры и инерционность, но при этом низкая точность ( $\pm 1,0\%$ ) и большая нелинейность характеристики преобразования.

Термопары – чувствительность их основывается на эффекте Зеебека (термоэлектрический эффект), при котором используется соединение двух разнородных материалов. Термопары прочны и экономичны, обладают хорошими динамическими свойствами и используются в широком диапазоне температур.

Пирометр – дистанционный бесконтактный преобразователь температуры, который определяет энергию излучения тела.

### 3.7 Измерители плотности

Плотность НП – это его удельный вес при температуре в момент измерения.

Принципы построения датчиков плотности ДП основан на законе Архимеда: «На тело, погруженное в жидкость, действует сила, равная весу вытесненной жидкости».

Поэтому в СИ «Струна» применяется поплавков с переменной массой (тарированная цепочка), а в СИ «Игла» компактный интеллектуальный датчик, не имеющий аналогов в мире, с полной температурной компенсацией. СИ «Альбатрос» плотность НП контролируется через перепад гидростатического давления и преобразованием аналогового сигнала в цифровой код.

### 3.8 Датчики давления

Измерение перемещения, возникающего в материале под действием давления, позволяет определить это давление.

Если две гофрированные диафрагмы устанавливаются задними стенками друг к другу, а измеряемое давление подводится к их середине, то образуется весьма эффективный чувствительный элемент, называемый АНЕРОИДНОЙ КОРОБКОЙ.

Кроме этого для измерения давления применяют СИЛЬФОНЫ и различные виды трубок БУРДОНА.

Различают абсолютное, дифференциальное и избыточное давление. В любом из них фиксируется давление на одной стороне ЧЭ по отношению к вакууму, другому сравниваемому давлению или давлению окружающей атмосферы.

Существуют ЧЭ: тензометрические, емкостные, магнитные на базе дифференциального трансформатора или двух- катушечного индуктивного моста.

### 3.9 Определение количества НП на складе ГСМ

Порядок определения количества НП при проведении различных операций регламентируется соответствующими инструкциями и нормативными актами.

Согласно «ИНСТРУКЦИИ о порядке ведения учета, отчетности и расходовании ГСМ в гражданской авиации» (Аэропроект, 1994г.), определяются основные положения и общие правила достоверного учета ГСМ и его документального оформления. Организация учета ГСМ на складах и отделах (СЛУЖБАХ) предприятия воздушного транспорта (ВТ) осуществляется руководителями служб под общим руководством главного бухгалтера предприятия ВТ.

Учет ГСМ должен вестись в единицах массы на основании первичных документов. Масса определяется объёмно-массовым, массовым и пьезометрическим методами измерений.

$$M = V \times P$$

где  $M$  – масса (кг);  
 $V$  – объём (м<sup>3</sup>);  
 $P$  – плотность (кг/м<sup>3</sup>).

Численное значение плотности жидкостей, масел и топлив зависит от их химического и фракционного состава. Для авиатоплива по ГОСТу плотности при стандартных атмосферных условиях находятся в диапазоне от 750 до 850 кг/м<sup>3</sup>.

Однако при изменении температуры все тела изменяют свой объём, следовательно, изменяется и плотность жидкостей. Так плотность воды при 4° С и давлении 760 мм рт. ст. составляет 1кг/л или 1000кг/м<sup>3</sup>, или 1т/м<sup>3</sup>, или 1кг/дм<sup>3</sup>.

Поэтому на практике часто пользуются безразмерными величинами **ОТНОСИТЕЛЬНОЙ** плотности топлива равной отношению абсолютной плотности к плотности воды при 4° С.

При нагревании расширение жидкости характеризуется коэффициентом объёмного расширения  $\alpha$ , т.е. относительным изменением объёма жидкости при изменении её температуры на 1° С.

$$V = V_0 [1 + \alpha (t - t_0)]$$

где  $V$  – объём при текущей температуре  $t$ ;  
 $V_0$  – объём при начальной температуре  $t_0$ .

Значение средних температурных поправок на 1° С для авиатоплива находится в пределах от 0,0006 до 0,0009.

Величина коэффициента объёмного расширения зависит от плотности нефтепродукта и приводится в нормативных документах для каждого конкретного вида топлива. При проведении учётных операций и сведения баланса «приход-расход» массу НП, измеренную при любой температуре приводят к массе при 20° С.

Ответственность за организацию учета ГСМ и хранение учетных документов несут руководители служб.

### **3.10 Достоверность информации**

При проведении учетно-расчетных операций возникает необходимость в оперативной оценке достоверности измерительной информации и правильности выбора измерительных средств. Эти функции возложены на метрологов и операторов предприятий, которые должны хорошо разбираться в применяемых методиках и средствах измерения (СИ). Проверку средств измерений проводят с целью определения пригодности их к применению. В соответствии с правилами Госстандарта ПР 50.2.006-94 СИ подвергаются поверкам:

#### **ПЕРВИЧНОЙ, ПЕРИОДИЧЕСКОЙ, ИНСПЕКЦИОННОЙ и ЭКСПЕРТНОЙ.**

Первичной поверке подлежат СИ утверждённых типов при выпуске с производства или после ремонта и при ввозе по импорту.

Периодической поверке подлежат СИ, находящиеся в эксплуатации или на хранении, через определённые межповерочные интервалы времени.

При неудовлетворительной работе СИ или утрате свидетельства о приёме может быть проведена внеочередная поверка.

Инспекционную поверку проводят для выявления пригодности СИ к применению. Она может проводиться согласно ТД в частичном объёме.

Экспертную поверку проводят при возникновении спорных вопросов по характеристикам, исправности и пригодности СИ к эксплуатации.

Поверка СИ осуществляется физическим лицом, аттестованным органом ГМС в качестве поверителя.

### **3.11 Виды инструментальных погрешностей**

Преобразователь (ПР) является прибором, который преобразует изменение одной физической величины в изменение другой. В управляющих информационно-измерительных системах различают входные измерительные преобразователи (датчики), преобразующие измеряемую физическую величину в электрический сигнал, и выходные силовые преобразователи (исполнительные устройства), которые мощный электрический сигнал преобразуют в механические перемещения. Это обычно двигатели, насосы, клапаны, задвижки.

Датчик – это элемент автоматики, который, воспринимая воздействие измеряемого или регулируемого параметра, преобразует его в выходной сигнал удобный для дальнейшего использования. Электронные датчики м/б параметрические (активные и реактивные сопротивления) и генераторные (термоэлектрические, пьезоэлектрические, тахометры), генерирующие на выходе электрическое напряжение постоянного или переменного тока.

Обобщенной метрологической характеристикой любого измерительного средства является его **КЛАСС ТОЧНОСТИ**, который характеризуется **пределом допустимой ПОГРЕШНОСТИ**.

В зависимости от способа выражения, погрешность делится на:

**АБСОЛЮТНУЮ, ОТНОСИТЕЛЬНУЮ и ПРИВЕДЕННУЮ.**

Абсолютная - это погрешность, выражаемая в единицах измеряемой величины. Она определяется как алгебраическая разность между измеренным и действительным значением величины:

$$\Delta = X - X_d$$

За действительное значение принимается значение измеряемой величины полученное с помощью более точного средства измерения.

Относительная погрешность – это отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеряемой величины, выраженное в %:

$$\delta = (\Delta / X_d) \times 100\%$$

Приведенная погрешность - это отношение абсолютной погрешности к некоторому нормирующему значению, выраженное в %. За нормирующее значение часто принимается разность между конечным и начальным значениями шкалы, а так как начало шкалы часто совпадает с 0, то за нормирующее значение принимается верхний предел шкалы:

$$\gamma = (\Delta / X_n) \times 100\%,$$

где  $X_n = X_v - X_0$ .

Для разных средств измерений класс точности определяется пределом допустимых погрешностей. Например, класс точности задаётся предельным значением погрешности:

- **АБСОЛЮТНОЙ** - для уровнемеров ( $\pm 1$  мм);
- **ОТНОСИТЕЛЬНОЙ** - для счетчиков (0,5%);
- **ПРИВЕДЕННОЙ** - для манометров и амперметров (0,2%).

**ОСНОВНАЯ** погрешность – это та погрешность, которую средство измерения обеспечивает, работая в нормальных условиях, заданных в его паспорте.

В случае отклонения условий эксплуатации от нормальных, у средства измерения может появиться составляющая погрешности, которая называется **ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ погрешностью**.

**Задача 1.** Определить пригодность манометра с диапазоном измерения от 0 до 10 кгс/кв. см, а класс его точности равен 1, показывающий 5,1 кгс/кв.см, если контрольный манометр показывает 4,95 кгс/кв.см.

Предельная абсолютная погрешность манометра равна  $5,1 - 4,95 = 0,15$  кгс/кв.см, а по паспорту д/б не более  $(10 \text{ кгс/кв.см} \times 1\%) / 100\% = 0,1$  кгс/кв.см,

поэтому данный манометр не годен!

**Задача 2.** Метрошток (линейка) имеет длину 300мм, а цену деления 1мм. Погрешность измерения такой линейкой будет равна отношению абсолютной погрешности (1мм) к полному диапазону измерения (300мм).  $\pm 1\text{мм}/300\text{мм} \times 100\% = \pm 0,33\%$ , т.е. предельной относительной погрешностью.

**Погрешность** зависит от свойств преобразователя и типа используемого оборудования. Точность измерения определяется множеством причин, включая и «человеческий фактор», т.е. действия оператора.

**Чувствительность** (масштабный коэффициент преобразователя) – это отношение изменения выходного сигнала к изменению входной величины.

Так если выходное напряжение преобразователя линейно изменяется от 0 до 10В, а диапазон изменения температуры на входе – от 0 до 100гр., то чувствительность будет:  $10\text{В}/100\text{гр.} = 0,1 \text{ В/гр.}$

**Линейность характеристики** – важнейший параметр преобразователя, влияющий на точность измерения. Желательно работать в линейной зоне или учитывать нелинейность его характеристики.

**Полоса пропускания**, зона нечувствительности, гистерезис, повторяемость значений, разрешающая способность, время отклика, - это далеко не полный перечень факторов, влияющих на точность преобразования.

При выборе преобразователя для работы в конкретных условиях следует учитывать влияние их на сам измеритель и связанную с ним систему, **сохраняется ли точность измерения с течением времени**, а так же могут ли линии связи противостоять внешним условиям.

Конструктивно любой преобразователь (ПР) состоит из чувствительного элемента (ЧЭ), который воспринимает измеряемое свойство объекта и преобразует его в электрический сигнал, и схемы формирования питания и выходного сигнала.

При включении ПР в измерительные системы (ИС) возникает проблема их согласования.

Все функции измерительных преобразователей, превращающих неэлектрический сигнал в электрический, являются аналоговыми. Поэтому, в общем случае, их выходные сигналы также аналоговые. Связь датчиков с системой осуществляется **по ЛИНИЯМ СВЯЗИ**.

Чтобы линии связи не влияли на слабый выходной сигнал датчика применяют каскады согласующих устройств, включающих: предварительное усиление и фильтрацию аналогового сигнала, преобразование его в цифровой код, передачу и обработку его в ЦВМ.

При работе датчиков и исполнительных устройств во взрывоопасной зоне они должны иметь **гальваническую развязку по питанию и сигналам и изготавливаться во взрывозащищённом исполнении**.



### 3.12 Сопряжение преобразователей с измерительной аппаратурой

В любой системе с ЧЭ, ко входу системы прикладывается слабый сигнал, поэтому даже слабый шум будет усиливаться до такой степени, что станет невозможным проводить точные измерения.

Шумы переменного тока, генерируемые источником питания (50 – 100Гц), наводятся в усилителе и усиливаются вместе с полезным сигналом. К взаимным помехам относятся: емкостной низкочастотный фон и индуктивные перекрёстные искажения.

**Основной способ подавления взаимных помех состоит в соединении преобразователя и схемы сопряжения экранированным или коаксиальным кабелем. Для образования экрана между источником шумов и системой, применяют заземление экранирующей оплётки.**

Причём, если экранированный кабель заземлён на выходе источника сигнала и на входе приёмника, а между точками заземления существует даже небольшая разность потенциалов, то по экрану будет протекать ток, вызывая взаимные помехи. Поэтому экран коаксиального кабеля должен быть заземлён только на одном конце. Имеется только один надежный способ заземления – создание одной точки заземления для всех частей схемы!

Все шумы в системе принято характеризовать как отношение сигнал/шум, которое в общем случае выражается в децибелах (дБ).

Длинные соединительные провода вызывают шумы, которые дают низкое отношение сигнал/шум, причём коэффициент шума системы почти полностью зависит от коэффициента шума первого усилителя. Поэтому в первых каскадах схем сопряжения следует применять малошумящие усилители, совмещая их в одном корпусе с преобразователями.

## Раздел 4. Метрологическое обеспечение

### 4.1 Обеспечение единства измерений

**Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способа достижения требуемой точности.** Обычно измерения это промежуточные операции, которые обеспечивают управление технологическими процессами и учетом материальных ценностей.

В метрологии под термином «измерение» понимают нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств, которые называют инструментальными средствами. В зависимости от способа нахождения искомого значения измеряемой величины **измерения классифицируют по следующим признакам:**

- **прямые** (вес, длина, температура);
- **косвенные** (плотность, сопротивление);

- **совокупные и совместные** – измерения нескольких однородных величин и вычисление искомого значения;
- **абсолютные и относительные** измерения;
- **однократные и многократные**;
- **технические** для контроля и управления техпроцессами;
- **метрологические** измерения при помощи эталонов и образцовых средств; и неравноточные измерения, выполненные различными по
- **равноточные** точности средствами измерений и в разных условиях;
- **статические и динамические** измерения физических величин не изменяющихся или изменяющихся во времени.

**Измерительная система** это совокупность средств измерений и вспомогательных устройств, соединённых между собой каналами связи и предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и использования в автоматических системах управления.

Под «методами измерений» понимают способы решения измерительной задачи и приёмы применения средств измерений. К основным характеристикам качества измерений относятся: точность, правильность, сходимость и воспроизводимость результатов в различных условиях. Однако в метрологии чаще используется их аналог – «достоверность» измерения, что дает возможность оценить вероятностные границы погрешностей. Это позволяет выбирать методы и средства измерений, обеспечивающие получение результата с заданной точностью!

Таким образом, **достоверность измерений характеризует степень доверия к полученным результатам.**

Обеспечение единства измерений – основная задача метрологии, что обеспечивается: унификацией эталонных единиц, разработкой систем воспроизведения этих единиц и передачи их размеров рабочим средствам измерения. Точность и достоверность результатов измерений, определяют обоснованность принятых решений.

Единство измерений предусматривает государственные испытания средств измерений и выпуск нормативно – технической и методической документации, регламентирующей требования, принципы, правила, методы контроля и использования результатов измерения.

## 4.2 Метрологический контроль методов измерений

При выборе методов измерений и МЕРЫ количественной оценки явлений материального мира руководствуются принципами:

- все явления в мире взаимосвязаны;
- количество связей – бесконечно;
- связи делятся на 2-е категории:

**НЕОБХОДИМЫЕ**, определяющие явление, и **СЛУЧАЙНЫЕ**, вносящие неопределённость.

МЕРА должна удовлетворять принципу ДУАЛИЗМА, т.е. выражать категории НЕОБХОДИМОСТИ и СЛУЧАЙНОСТИ.

Любой сигнал содержит СИСТЕМАТИЧЕСКУЮ и СЛУЧАЙНУЮ составляющие, а ПОЛНАЯ МЕРА СИГНАЛА есть сумма этих двух составляющих.

Мера, не удовлетворяющая принципу дуализма, – является неполной мерой. Так при измерении одной определённой величины  $X$  получим её значение  $A$ , причём истинное значение  $X$  не равно точно  $A$ . Ошибка  $\delta = X - A$ .

Наиболее вероятным значением, при измерении определённой (систематической) величины, будет её среднее арифметическое значение (математическое ожидание):

$$\bar{X} = M(x) = \frac{\sum_{i=1}^k X_i}{k};$$

Случайная составляющая (мера неопределённости  $\rho_x$  - вероятность или степень неопределённости  $H(p)$  – энтропия) количественно определяется среднеквадратическим отклонением  $\sigma_x^2 = D(x)$  или дисперсией.

Полная мера содержит обе составляющие, поэтому:

$$X_{изм} = \bar{X} \pm \lambda \sigma_x,$$

где  $\sigma_x$  - принимается за ошибку ОДНОКРАТНОГО измерения случайной величины, причем её закон распределения принимается за нормальный.

Для повышения точности измерений одной определённой величины нужно выполнить несколько равноточных (когда  $\sigma_x$  не зависит от числа измерений) измерений и принять за результат измерений среднее арифметическое:

$$X_{изм} = \bar{\bar{X}}$$

Если измерение производится в разных условиях, разными методами и инструментами, то результат измерения одной определённой величины – есть СРЕДНЕЕ ВЗВЕШЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{k=1}^N p_k \bar{x}_k}{P},$$

где  $P = \sum_{k=1}^N p_k$  – сумма весов измерений

Если сложная система характеризуется рядом параметров: экономических, технических, эргономических, социальных и т.п., то находится функция этих параметров с заданными весовыми коэффициентами и их сумма не должна превышать один заданный комплексный аддитивный коэффициент КАЧЕСТВА.

### 4.3 Информационная теория измерений

Информационная теория измерений и измерительных устройств является относительно новым разделом современной метрологии. Развитие вероятностной теории применительно к процессам получения измерительной информации не противоречит классическим представлениям и методам оценки качества измерений, а является их развитием.

Результат измерения даёт количественную оценку измеряемой физической величины с некоторой неизбежной остаточной неопределённостью. Вместо исходной неопределённости, обусловленной отсутствием сведений о состоянии этой физической величины, получается заведомо меньшая неопределённость, зависящая от несовершенства методов и средств измерений. Разность этих двух неопределённостей соответствует количеству информации, полученному в результате измерений.

В результате измерительного эксперимента всегда остаётся некоторая неопределённость (погрешность), которая не позволяет утверждать, что полученное числовое значение абсолютно точно описывает размер физической величины.

Поэтому можно сформулировать основной постулат метрологии: результат измерения является случайным числом.

Повышение точности измерений позволяет получить более точную информацию об объекте, но добиться абсолютного сходства объекта и его модели не удаётся. Это называется пороговым несоответствием и определяется априорной информацией об объекте исследований и достижимой точностью имеющихся средств и методов измерений.

Полностью исключить пороговое несоответствие нельзя, поэтому важно при каждом измерении правильно оценить границы возможной погрешности.

Реальная измерительная информация получается в виде чисел, которые затем обрабатываются ИВК. Факт получения информации всегда связан с уменьшением неопределённости, поэтому необходимо установить количественную меру неопределённости (Н) и информации (И).

Американский учёный К. Шеннон предложил меру неопределённости, которую назвал **ЭНТРОПИЕЙ**

$$H(X) = - \int_{-\infty}^{\infty} p(x) \log p(x) dx$$

где  $p(x)$ - плотность распределения вероятности случайной величины  $X$ .

Энтропия обращается в НУЛЬ, когда одно из состояний источника (системы) достоверно (вероятность равна единице), а другие – невозможны (вероятности равны нулю).

Единицы измерения энтропии зависят от основания логорифма:  
 - десятичные –  $\log$  - десятичные единицы (дит);

- двоичные –  $\log_2$  - двоичные единицы (бит);

- натуральные –  $\ln$  - натуральные единицы (нат).

1 дит = 2,3 нат = 3,3 бит; 1 бит = 0,69 нат = 0,3 дит;

1 нат = 0,435 дит = 1,43 бит.

Дезинформационное действие случайной погрешности при измерении, также как и влияние помех при передаче по каналу информации, равно убыли энтропии:

$$I = H(x) - H(\Delta);$$

где  $H(x)$  – энтропия передаваемого сообщения, а в случае измерения – исходная, или априорная, энтропия измеряемой величины  $X$ , определяемая лишь её законом распределения;

$H(\Delta)$  – энтропия шума, а в случае измерения – энтропия случайной погрешности измерения или УСЛОВНАЯ ЭНТРОПИЯ.

Получение любой информации, в том числе и измерительной, теория информации трактует как устранение части неопределённости, а количество информации в ней определяется как разность неопределённостей ситуаций до и после получения данного сообщения.

Основная особенность измерения состоит в том, что точное значение измеряемой величины не может быть определено, а может быть указан только более или менее узкий интервал возможных значений измеряемой величины.

Число различимых ступеней измеряемой величины зависит от класса точности средств измерений.

#### 4.4 Информационно-вычислительные комплексы (ИВК)

Работоспособность ИВК определяется техническим, математическим и метрологическим обеспечением.

В техническое обеспечение входят измерительные, вычислительные и вспомогательные средства. Математическое обеспечение составляют алгоритмы и программы.

В метрологическое обеспечение входят:

- теория метрологии, связанная с расчетом, проверкой и контролем метрологических характеристик, проведением испытаний средств измерений;
- эталонные средства измерений;
- нормативные документы, законодательно определяющие процедуры испытаний средств измерений и обеспечивающие единство измерений.

Системная совместимость всех узлов ИВК обеспечивается совместимостью:

- ИНФОРМАЦИОННОЙ – унификацией и нормированием всех видов и параметров сигналов;
- МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ – однотипностью метрологических характеристик всех средств измерений;

- ПРОГРАММНОЙ – согласованностью используемых программ и подпрограмм, языков программирования;
- КОНСТРУКТИВНОЙ – унификацией используемых модулей, выполненных на одном технологическом уровне;
- ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ – нормированием условий окружающей среды и эргономики, обеспечение надёжности, резервирования и т.п.

Информационная и конструктивная совместимости достигаются применением стандартных интерфейсов.

При построении автоматизированных систем на базе ЭВМ, для связи с объектом управления потребовалось преобразование информации из непрерывной (аналоговой) формы в цифровую и из цифровой в непрерывную. Схематично это изображено на рисунке 2.

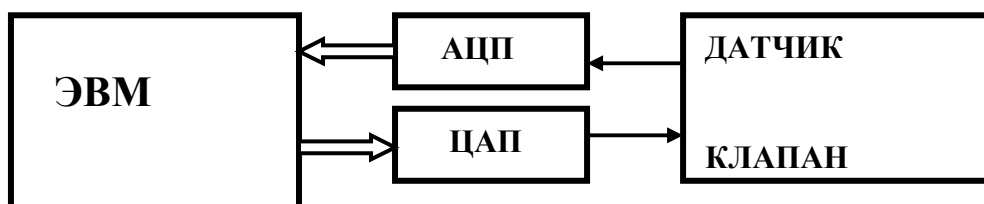


Рис.2 Схема связи ЭВМ с датчиками и исполнительными устройствами.

Функцию преобразования информации выполняют АЦП и ЦАП, являющиеся важнейшими устройствами в системе автоматического управления (САУ), и различные сопрягающие устройства.

Обычно САУ работает в реальном времени, с большим числом датчиков и исполнительных устройств, поэтому к ней предъявляется ряд требований:

- унификация методов подключения абонентов и ЭВМ (кодов, связей);
- изменение числа абонентов без коренной переработки САУ;
- программное обеспечение должно обеспечивать взаимную синхронизацию устройств САУ;
- самоконтроль САУ и наличие специальных программ контроля.

Принцип обмена информацией между абонентами и ЭВМ является мультиплексным, т.е. д/б устройство определения приоритета обслуживания.

Возможны два режима работы: синхронный – по программе ЭВМ и асинхронный – по требованию абонентов.

В настоящее время САУ строятся на основе аппаратно- программных модулей на базе унифицированных интерфейсов. Под стандартным интерфейсом понимается совокупность средств, обеспечивающих информационную, электрическую и конструктивную совместимость функциональных модулей, используемых для построения САУ.

Различают три вида стандартных интерфейсов (СИ):

- каскадный (К);
- радиальный (Р);

- магистральный (М).

Характерные признаки СИ приведены в таблице.

Функция	СИ – К	СИ – Р	СИ – М
Информационный обмен	Непосредственный от элемента к ФЭ	Непосредственный от ФЭ к ЭВМ	От ФЭ к ЭВМ
Управление	ФЭ управляют друг другом	Непосредственно от ЭВМ	ЭВМ через М
Программирование	Взаимное между ФЭ и блоком	Непосредственно в ЭВМ	ЭВМ через М

Каскадный или цепочечный интерфейс применяется для наиболее простых систем.

Все функциональные элементы (ФЭ) включены последовательно и соединены попарно линиями. В нём нет контроллеров и специальных интерфейсных команд. Подключение внешних устройств к системе не требует дополнительных аппаратурных средств.

При радиальной структуре интерфейса все внешние устройства подключаются к ЭВМ через контроллер. Поэтому число внешних абонентов ограничено.

Магистральный интерфейс имеет наибольшее распространение и является наиболее гибким, т.к. с помощью системы шин возможен обмен информацией между любой парой блоков, входящих в систему. Структура шин предназначена для передачи сигналов: информационных, адресных, командных, управления, запросов и пр. Используется и мультиплексирование шин, когда по одним линиям связи передаются разные сигналы, разнесённые во времени. Это уменьшает число линий связи, но увеличивает время передачи и усложняет схемы сопряжения.

В практике работы службы ГСМ постоянно возникают вопросы, связанные с качеством НП и строгим учетом их количества. Применяемые автоматизированные системы позволяют оператору следить за процессами приёма и выдачи НП по экранам мониторов. Системы автоматически замеряют необходимые параметры: уровень налива, плотность и температуру НП, уровень подтоварной воды, с требуемой точностью вычисляют массу НП в реальном масштабе времени и готовят соответствующую документацию.

При этом как аппаратура, так и программное обеспечение должны быть защищены от сбоев и несанкционированного доступа, а методики их контроля и аттестации должны быть сертифицированы.

Ранее были разработаны и внедрены полностью или частично отечественные системы: СОКРАТ (г. Москва), АЛЬБАТРОС (г. Москва), ЗАО НТФ НОВИНТЕХ «Системы измерительные «СТРУНА» (г. Королёв), ООО НПФ «Специальные технологии» (г. Мытищи) «Система измерения «ИГЛА», ООО «САОН-Система» (г.Королёв) «Комплекс «АССОЛЬ-

АЭРО», ООО «Информационно измерительная техника» (г. Королёв) «Информационно-измерительные системы коммерческого учета» и «Система измерения массы светлых нефтепродуктов УИП-9602», а также зарубежные Системы учета «M+F» (Германия) «Управление движением авиатоплива в аэропортах» и «MTG» (США) «Система коммерческого учета продуктов в резервуарах». Это далеко не полный перечень систем и компаний их разрабатывающих.

#### **4.5 Госнадзор. Стандартизация и сертификация оборудования**

Федеральный закон Российской Федерации (ФЗ) «О техническом регулировании» вступил в действие с 1 июля 2003 г. Он отменил ранее действующие законы РФ «О стандартизации» и «О сертификации продукции и услуг».

С советских времён осталось более 56 000 нормативных документов, которые иногда противоречат друг другу. Недостатки существующей системы стандартизации и сертификации в РФ тормозят развитие производства и бизнеса в стране.

В ФЗ важно выделить два очень важных момента:

- сближение позиций по техническому регулированию с ведущими мировыми державами;
- разделение требований к продукции, товарам и услугам на две группы – **ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ** и **ДОБРОВОЛЬНЫЕ**.

За обязательные требования отвечает государство, и они включают требования по безопасности людей, животных, окружающей среды и по предупреждению действий, вводящих потребителей в заблуждение. Все требования касающиеся безопасности будут содержаться в специальных документах – **ТЕХНИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТАХ**, имеющих статус Федерального закона.

Добровольные требования регулируются рынком и включают требования к потребительским свойствам продукции или к её качеству, что не влияет на безопасность. Параметры, определяющие качество продукции будут вноситься в новые нормативные документы – **НАЦИОНАЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ** и **СТАНДАРТЫ ОРГАНИЗАЦИЙ**.

Техническое регулирование – правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции, процессам производства и эксплуатации продукции, а также правовое регулирование отношений в области оценки соответствия.

Сейчас сертификация – одна из форм подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов (ТР), которые устанавливаются обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования и имеют статус федерального закона.



Процесс принятия технических регламентов, а всего их должно быть принято более 2000, завершится к 1 июля 2010 г. После этого прекращают действовать обязательные требования к продукции, установленные в нормативных документах РФ, в отношении которых технические регламенты не были приняты.

Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов осуществляется исключительно в части соблюдения требований соответствующих ТР и исключительно на стадии обращения продукции.

Предметом стандартизации является процесс упорядочения любой деятельности, который связан с приведением знаний и объектов в систему. В технике должна предусматриваться преемственность, требующая согласования новых изделий с ранее эксплуатирующимися.

Стандартизация – это деятельность, направленная на достижение оптимальной степени соответствия установленным правилам и характеристикам, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции, работ и услуг.

Общей целью стандартизации является защита интересов потребителей и государства по вопросам качества продукции, процессов и услуг, посредством разработки и применения нормативных документов по стандартизации.

К числу основных целей относятся:

- повышение уровня безопасности граждан;
- обеспечение научно-технического прогресса;
- обеспечение технической и информационной совместимости;
- обеспечение взаимозаменяемости продукции.

Стандартизация осуществляется в соответствии с принципами:

- добровольного применения стандартов;
- максимального учёта при разработке стандартов законных интересов заинтересованных лиц;
- применения международного стандарта как основы для разработки национального стандарта.

Стандартизация осуществляется с системных позиций. Принцип системности в стандартизации предполагает рассмотрение каждого объекта, как части более сложной системы. Системный подход подразумевает рассмотрение элементов, образующих систему, с учётом взаимосвязей между ними, что позволяет разрабатывать систему взаимно увязанных требований к собственно объекту стандартизации и к основным элементам, составляющим этот объект.

Научно – технический прогресс вносит изменения в технику и процессы управления.

Динамичность обеспечивается внесением изменений в стандарты и отменой устаревших.

Применение стандартов должно давать экономический и социальный эффект.

Экономический эффект дают стандарты, ведущие к экономии ресурсов, повышению надёжности, технической и информационной совместимости.

Социальный эффект дают стандарты, направленные на обеспечение безопасности жизни и здоровья людей, окружающей среды и предупреждают действия, вводящие в заблуждение потребителей.

До вступления в силу вновь разработанных правил, норм и рекомендаций по стандартизации продолжают в переходный период на территории РФ стандарты, разработанные в старой системе.

Документ, устанавливающий правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов, называется **НОРМАТИВНЫМ ДОКУМЕНТОМ (НД)**.

Нормированием называют процесс назначения требований к объектам и их параметрам.

Поэтому **СТАНДАРТОМ** является НД, который утверждён компетентной организацией в установленном порядке. При стандартизации общетехнических объектов устанавливаются положения, обеспечивающие техническое **ЕДИНСТВО** при разработке, производстве и эксплуатации продукции.

Государственные стандарты (индекс ГОСТ Р хххх – хх) включают обязательные требования к качеству продукции, обеспечивающие: безопасность потребителя; охрану окружающей среды; совместимость и взаимозаменяемость; методы контроля соответствия обязательным требованиям и маркировки, информирующей о безопасности использования продукции.

В качестве НД может выступать комплекс стандартов, имеющих целевую направленность.

Согласно российскому законодательству, реализация потребителю товаров стала невозможна без документа, подтверждающего их соответствие обязательным требованиям.

Подтверждение соответствия применяется ко всей продукции на территории РФ независимо от страны или места её происхождения. Формы подтверждения соответствия представлены на рисунке 3.

Согласно ФЗ «О техническом регулировании», подтверждением соответствия называют документальное удостоверение соответствия продукции требованиям технических регламентов или положениям стандартов.

Добровольное подтверждение соответствия возможно только в форме **ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ**.

Обязательное подтверждение соответствия проводится исключительно на соответствие требованиям технического регламента. Объектом обязательного подтверждения соответствия может быть только продукция, в обращении на территории РФ. ФЗ «О техническом регулировании» устанавливает две формы обязательного подтверждения соответствия: **ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ** и принятие

ДЕКЛАРАЦИИ о соответствии (ДЕКЛАРИРОВАНИЕ СООТВЕТСТВИЯ), причём форма и схемы обязательного подтверждения соответствия устанавливаются только техническим регламентом.

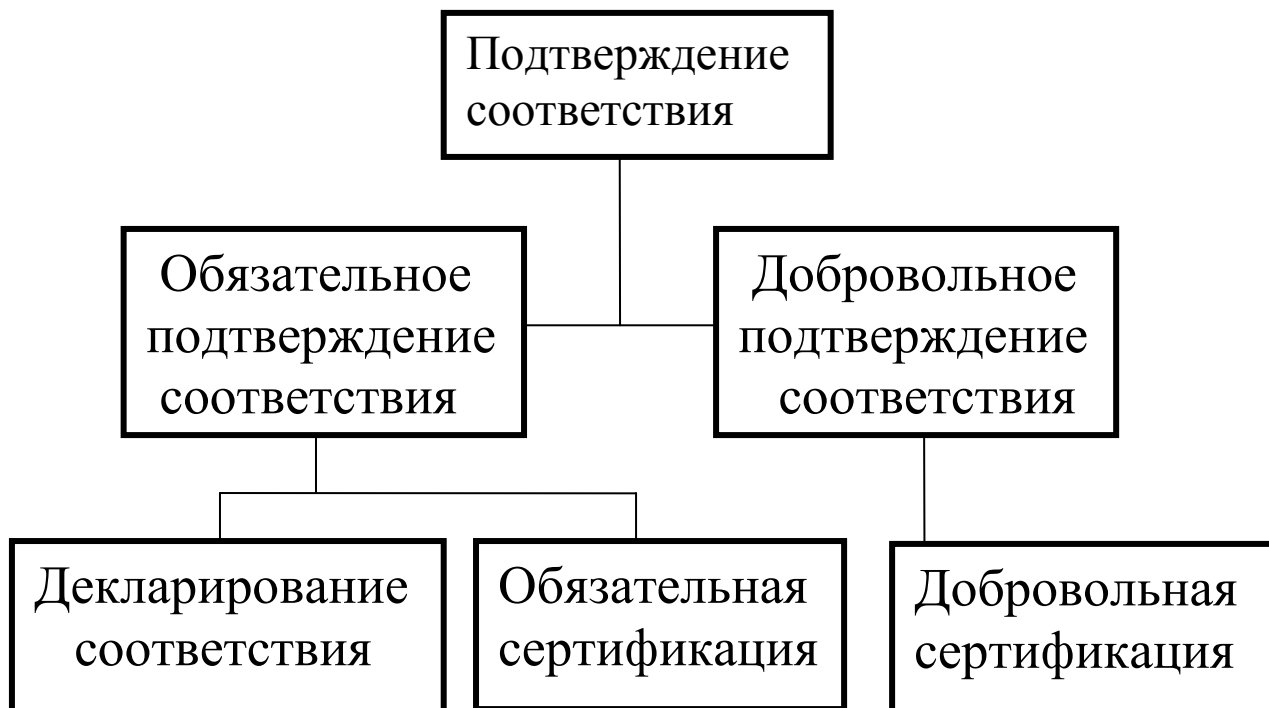


Рис. 3 Формы подтверждения соответствия.

К той продукции, для которой ТР предусмотрено обязательное подтверждение соответствия в форме декларирования, уже не может быть применена обязательная сертификация, и наоборот.

На продукцию и услуги, успешно прошедшие процедуру сертификации, выдаётся подтверждающий это документ – сертификат соответствия, а на саму продукцию наносится знак соответствия (при добровольной сертификации), либо знак обращения на рынке (при обязательной сертификации), информирующий потребителей о соответствии продукции ТР.

Средства измерений следует рассматривать как продукцию и их сертификация свидетельствует лишь о том, что они, как продукция, безопасны для людей и оборудования.

## 4.6 Нормативные документы

### «НАСТАВЛЕНИЕ по службе ГСМ на воздушном транспорте Российской Федерации» (НГСМ – РФ – 94)

НГСМ определяет основные положения и общие правила организации работы службы ГСМ по обеспечению предприятий ГСМ, заправке ВС, эксплуатации сооружений и оборудования, контролю качества ГСМ и спецжидкостей, охране труда и пожарной безопасности, подготовке кадров и повышению их квалификации.

#### Термины и определения

**Аэропорт** – предприятие, осуществляющее организацию и обслуживание полётов воздушных судов (ВС) и имеющее для этих целей аэродром, аэровокзал и необходимое оборудование.

**Горюче** – смазочные материалы (ГСМ) – общее наименование топлив, масел, смазок и спецжидкостей всех марок, применяемых при эксплуатации авиационной и наземной техники.

**Служба ГСМ** – структурное подразделение авиапредприятия, обеспечивающее приём, хранение, подготовку и выдачу ГСМ на заправку ВС и наземной техники с соблюдением правил и требований охраны труда, пожарной безопасности и охраны окружающей среды.

**Склад ГСМ** – комплекс зданий, сооружений, установок и оборудования для приёма, хранения и выдачи ГСМ на заправку ВС и автотранспорта.

**Качество ГСМ** – совокупность свойств ГСМ, определяющая способность их удовлетворять установленным требованиям в соответствии с их прямым назначением.

**Контроль качества ГСМ** – лабораторное определение количественных показателей качества ГСМ для установления их соответствия требованиям ГОСТ.

**Система централизованной заправки самолётов (ЦЗС) топливом** – комплекс сооружений и технологического оборудования для подачи топлива из резервуаров в баки ВС с помощью стационарных насосов по технологическим трубопроводам и через заправочные агрегаты (ЗА).

#### Основные задачи и структура службы ГСМ

Задачи, поставленные перед службой ГСМ, реализуются на складах ГСМ и должны обеспечивать выполнение технологических операций:

- приём ГСМ, доставляемых железнодорожным, автомобильным, водным, воздушным или трубопроводным транспортом;
- перекачка топлива, масел и спецжидкостей по технологическим и транспортным трубопроводам;

- хранение ГСМ с обеспечением сохранности их качества и количества;
- УЧЕТ количества принятых и выданных ГСМ;
- фильтрация авиаГСМ при приёме в резервуары;
- контроль качества авиаГСМ при приёме, хранении, подготовке и выдаче на заправку ВС;
- фильтрация и водоотделение перед выдачей авиаГСМ в стационарные и передвижные средства заправки;
- выдача ГСМ соответствующих марок на заправку ВС и автотранспорта;
- добавление к авиакеросину противоводокристаллизационной жидкости (ПВК-Ж);
- сокращение потерь ГСМ при их приёме, перекачке, хранении и выдаче;
- подогрев масел и спецжидкости «Арктика», составление смесей авиамасел;
- приём, сбор, хранение и сдача отработанных ГСМ.

Работники службы ГСМ д/б ознакомлены с должностными инструкциями под расписку. Должностные инструкции составляются непосредственными руководителями в соответствии с подчиненностью на основании квалификационных требований действующих документов, подписываются руководителем службы ГСМ и утверждаются в установленном порядке. Копии должностных инструкций должны находиться у каждого работника на рабочем месте.

Контрольные экземпляры всех инструкций хранятся у руководителя службы ГСМ.

Аттестация инженерно – технических работников службы ГСМ проводится не реже одного раза в три года.

Повышение квалификации работников службы ГСМ осуществляется путем обучения их на факультетах и курсах, организованных в МГТУ ГА.

### **«РЕКОМЕНДАЦИИ» по оборудованию объектов ГСМ средствами автоматизации» Аэропроект, Москва, 1976г.**

Настоящие рекомендации определяют общее направление автоматизации производственных процессов авиатопливообеспечения аэропортов и распространяются на резервуары, насосные станции, внутрискладские трубопроводы с запорной аппаратурой, железнодорожные эстакады, пункты налива в ТЗ, узлы приёма топлива по трубопроводу.

Автоматизация определяется технико-экономической целесообразностью для:

- обеспечения сохранности качества авиатоплива;
- ускорения производственных процессов, повышения культуры производства, управления и надежности контроля по приёму, хранению и выдаче топлива;
- улучшение условий эксплуатации и сокращение потерь топлива;
- уменьшение числа обслуживающего персонала.

## Раздел 5 Сбор данных

В 1981 году компания IBM выпустила свой первый персональный компьютер (ПК) в виде открытой системы, который в настоящее время нашел широкое применение для сбора данных, обработки цифровых сигналов и построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП).

Ключом к широкому применению ПК в различных системах сбора и обработки данных является наличие и непрерывное развитие аппаратного и программного обеспечения.

Сбор данных является процессом, в ходе которого физические явления реального мира трансформируются в электрические сигналы, которые измеряются и преобразуются в цифровой формат, подходящий для передачи, обработки, анализа и сохранения компьютером.

Управление представляет собой процесс, когда сигналы управления выдаются в формате, подходящем для использования исполнительными механизмами, которые управляют системой или процессом. АСУ ТП, построенная на базе ПК, состоит из отдельных компонентов, объединённых в завершённую работоспособную систему.

Основными элементами этой системы являются:

- операционные усилители;
- датчики и источники сигналов;
- преобразователи информации;
- линии связи;
- аппаратное обеспечение;
- ПК с операционной системой;
- программное обеспечение сбора данных.

Для получения точной информации о физическом явлении и выработке сигналов управления технологическим процессом, важен каждый элемент системы, а сама система относится к разряду цифровых информационно-измерительных систем управления.

### 5.1 Операционный усилитель

ОУ – это аналоговый прибор, выполняющий функции как обычного усилительного звена (К), так и в качестве устройства на базе которого формируются все звенья систем АСУ, их корректирующие цепи и строятся электронные модели реальных устройств: датчиков, двигателей, насосов, клапанов и т.п.

Располагаясь во взрывоопасной зоне, рядом с чувствительным элементом (ЧЭ) датчика, ОУ усиливает по мощности и фильтрует от помех слабый аналоговый сигнал ЧЭ, передавая его на АЦП, который преобразует его в цифровой код и через гальваническую (ОПТРОННУЮ) развязку передаёт на устройство сопряжения (УСО) и ЭВМ.

## 5.2 Чувствительный элемент датчика

В реальном мире физические явления (температура, давление, уровень жидкости и т.п.) проявляют свойства, которые непрерывно меняются во времени, поэтому все они являются аналоговыми сигналами.

Датчики превращают характерные свойства физических величин в электрические сигналы, которые связаны с физическими параметрами, но не всегда ясно в каком виде эта информация содержится в выходном сигнале датчика. Поэтому в зависимости от аппаратной реализации датчиков, следует классифицировать их выходные сигналы:

- цифровой (двоичный – Да/Нет) сигнал, имеющий два уровня: «ВКЛ» - 1, «ВЫКЛ» - 0;
- последовательность импульсов (расходомер, шаговый двигатель);
- аналоговые сигналы постоянного или переменного тока.

Существуют две категории преобразователей физических величин:

- активные, преобразующие неэлектрическую энергию в электрический выходной сигнал без источника питания (термопары);
- пассивные, изменяющие электрическую характеристику схемы в соответствии с изменениями измеряемой физической величины (сопротивление, индуктивность, ёмкость). Таким преобразователям требуется источник питания.

Датчики классифицируются в зависимости от измеряемой ими физической величины (температуры, давления, уровня, расхода, плотности и т.п.), но при этом должны соответствовать требуемым характеристикам по точности, чувствительности, повторяемости, диапазону измерений.

Точность датчика при измерении физической величины должна сохраняться во всем диапазоне измерений. Точность показывает, насколько близок результат измерения к действительному значению измеряемой величины. Точность описывает максимальную погрешность, которую можно ожидать от измерения, выполненного в любой точке рабочего диапазона. Обычно указывают точность датчика в виде допустимой процентной погрешности ( $\pm 1\%$ ) в рабочем диапазоне.

Чувствительность определяется как величина изменения выходного сигнала датчика при определённом изменении входной измеряемой переменной величины.

Например, чувствительность термопары равна  $5\text{мкВ}$  на  $С$ . Следует учитывать и влияние на датчик нежелательных помех, как внешних (наводки и сетевые пульсации), так и внутренние (самовозбуждение, дрейф нулей).

Повторяемость показывает, насколько близкими будут повторные измерения. Способность создавать идентичные выходные реакции на один и тот же физический вход в течение всего срока службы является показателем надёжности датчика.

Диапазон определяется как минимальное и максимальное измеряемые значения переменной величины, между которыми

соблюдаются все другие характеристики датчика (точность, чувствительность, повторяемость результатов).

### 5.3 Основные виды преобразователей информации

#### Электродинамический

Это самый распространённый вид преобразователей, который несмотря на конструктивные различия, сводится к системе проводников, могущей перемещаться в однородном магнитном поле. Если направления ПОЛЯ, ТОКА и ДВИЖЕНИЯ будут взаимно перпендикулярны, то законы, управляющие действием электродинамического преобразователя можно записать в скалярной форме: Закон БИО-САВАРА даёт выражение СИЛЫ, обусловленной только током в неподвижном проводнике  $F = BLI$ , а закон ИНДУКЦИИ даёт математическую зависимость НАПРЯЖЕНИЯ (ЭДС) холостого хода, т.е. когда ток в проводнике отсутствует  $U = BLV$ , где  $B$  – индукция магнитного поля,  $L$  – общая длина проводника,  $V$  – скорость.

Считая электрическую сторону входной (1), а механическое движение проводника выходной стороной (2), можно записать уравнение электродинамического преобразователя:

$$\begin{aligned} U &= Z_{11}I - BLV \\ F &= BLI + Z_{22}V, \end{aligned}$$

где  $Z_{11}$  и  $Z_{22}$  – соответственно собственные входное и выходное сопротивления преобразователя.

#### Электромагнитный

Ярким примером электромагнитных преобразователей являются трансформаторы, дроссели, электромагниты с неподвижным железом и т.д. и т.п. Конструктивно все они выполнены в виде одной или нескольких обмоток, намотанных на постоянный железный или ферритовый каркас.

Магнитодвижущая сила  $M = nI$ , где  $n$  – число витков входной обмотки, создаёт в контуре железа магнитный поток  $\Phi$ .

По закону ИНДУКЦИИ в обмотках наводится ЭДС, пропорциональная скорости изменения потока ( $p\Phi$ ), при этом ток во вторичных обмотках равен нулю:  $U = -n p\Phi$ .

Выбрав ток ( $I$ ) и скорость изменения потока ( $p\Phi$ ) в качестве аргументов и добавляя реакции, обусловленные собственными сопротивлениями, можно составить исходное уравнение электромагнитного преобразователя:

$$\begin{aligned} U &= Z_{11}I - n_2 p\Phi \\ M &= n_1 I + Z_{22} p\Phi, \end{aligned}$$

где:  $Z_{11}$  и  $Z_{22}$  – собственные входное и выходное сопротивления электромагнитного преобразователя, а  $n_1$  и  $n_2$  – число витков первичной и вторичной обмоток.



Так как скорость изменения потока  $P$  является производной от потока  $\Phi$ , т.е. равна  $p\Phi$ , где  $p$  – оператор дифференцирования Лапласа, то

$$Z_{22} = R_0 = N/4\pi\mu S,$$

где  $N$ ,  $S$ ,  $\mu$  – характеристики магнитопровода (его длина, сечение и магнитная проницаемость) и является собственным сопротивлением магнитопровода.

Входное электрическое сопротивление электромагнитного преобразователя равно:

$$Z = Z_{11} + p \, n n / R_0 + R,$$

где,  $R$  – внешнее магнитное сопротивление равно нулю у дросселя и не равно нулю у электромагнита;

$L_0 = n n / R_0$  – индуктивность холостого хода при  $R=0$ .  $p$  – оператор Лапласа.

Теперь входное сопротивление дросселя можно представить

$$Z = Z_{11} + p L_0 = U/L + p L_0.$$

Наложим на сердечник вторую обмотку, т.е. добавим второе звено преобразования, чтобы из магнитной энергии получить электрическую, превратив дроссель в трансформатор.

Для идеального трансформатора, когда собственное сопротивление магнитопровода равно нулю, а индуктивность холостого хода равна бесконечности, получим

$$Z_1 = Z_{11} + (n_2 n_2 / n_1 n_1)(Z_{22} + Z_2),$$

где второй член представляет приведенное к первичной цепи сопротивление вторичной цепи.

### Электромеханический

Принцип работы электромеханического преобразователя с подвижным железом заключается в том, что при движении якоря меняется магнитный поток, пронизывающий неподвижные обмотки, вследствие чего в них наводится ЭДС.

Выберем в качестве аргументов СМЕЩЕНИЕ (изменяющийся ЗАЗОР магнитопровода -  $U$ ) и магнитный ПОТОК ( $\Phi$ ). Для внутренней энергии, являющейся функцией  $C(U, \Phi)$  изменяющихся зазора и потока, можно записать:

$$C(U, \Phi) = \frac{1}{2} (S_0 U^2 + R \Phi^2);$$

где  $R = R_0 + U/A$  – магнитное сопротивление, зависящее от изменения зазора в магнитопроводе;

$R_0$  – собственное сопротивление магнитопровода;

$U/4\pi A$  – магнитное сопротивление зазора;

$A$  – площадь полюса;

$$S = S_0 - B_0^2 / R_0 + R$$

$S$  – входная упругость с механической стороны;

$B_0 = \Phi/A$  – магнитная индукция.

При  $B_0^2 < S_0 / R_0$  - система становится неустойчивой и в ней возможны незатухающие автоколебания!

Электромеханический преобразователь с подвижным железом рассматривается как прибор с двукратным преобразованием:

- звено электромагнитного преобразования;
- звено магнитомеханического преобразования.

Общее уравнение преобразователя будет:

$$\begin{aligned} U &= (Z_0 + pL_0) I - (n B_0 / R_0) V \\ F &= (n B_0 / R_0) I + (Z_1 - pB_0 / R_0) V, \end{aligned}$$

где:  $U$  – напряжение на входе преобразователя;

$I$  - входной ток;

$V$  – механическая скорость изменения величины зазора;

$F$  – механическая сила;

$Z_0$  - собственное входное сопротивление преобразователя;

$Z_1$  – собственное механическое сопротивление преобразователя;

$L_0$  - индуктивность входного звена;  $n$  – число витков обмотки электромагнита;

$p = j\omega$  – дифференциальный оператор Лапласа.

Полное входное электрическое сопротивление электромеханического преобразователя равно:

$$Z = Z_0 + w L_0 + Z_1,$$

где  $w = 2\pi f$  круговая частота питающего напряжения.

### Частотный

Большой класс ЧЭ составляют устройства с частотным преобразованием сигнала, в которых датчик является элементом частотно-зависимой цепи. Такие датчики просты по конструкции, универсальны и надежны в работе. Изменение параметра ЧЭ, обычно это резонансный контур, состоящий из изменяющихся  $C$  и  $L$ , непосредственно влияет на частоту собственных колебаний контура.

Управляемые частотно-зависимые цепи работают в режиме автоколебаний.

Частотные преобразователи могут быть выполнены как с аналоговым, так и с дискретным выходом.

Частотные преобразователи имеют очень высокую чувствительность по частоте (0,001%), а при использовании сдвига по фазе статическую ошибку преобразования можно свести к нулю.

Собственная резонансная частота контура ( $\omega_0^2 = L_0 C_0$ ) зависит от индуктивности и ёмкости, образующих контур.

Сдвиг по фазе  $\nabla \varphi = \int \nabla \omega dt$  равен интегралу отклонения частоты от резонансной.

Устойчивость частоты по отношению к фазовым сдвигам определяется свойствами колебательной системы:

$$\nabla \omega / \omega = 1/2(\nabla C / C + \nabla L / L) \bullet$$

Выбор частотного диапазона определяются требуемой разрешающей способностью преобразователя.

Сигналы (информацию) от большинства датчиков надо предварительно преобразовать к виду удобному для передачи из взрывоопасной зоны на приёмные устройства измерительной системы. Преобразователи информации применяются для предварительной обработки электрических сигналов, получаемых от датчиков, в сигналы, которые принимаются аппаратными средствами системы сбора данных.

Основными функциями, выполняемыми преобразователями информации, являются:

- усиление;
- электрическая развязка;
- фильтрация;
- линеаризация;
- питание и заземление.

Тип требуемого устройства и способ его сопряжения с системой, зависят от типа и количества датчиков информации, требований к источникам питания и заземления, удаления от ПК и т. п., поэтому обычно они реализуются в виде специализированных модулей, набор которых интегрируется в конкретную АСУ ТП.

## 5.4 Фильтрация

Фильтрация удаляет нежелательные помехи при измерении сигналов перед их усилением и передачей на аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Существуют цифровые, программные и аналоговые (активные и пассивные) фильтры.

В идеале фильтры должны устранять все сигналы на частотах, находящихся вне указанного диапазона частот, обеспечивая очень резкое разграничение между проходящими частотами и фильтруемыми частотами. Большинство практических фильтров не являются идеальными и обычно не устраняют все нежелательные сигналы вне указанного диапазона частот.

Общими параметрами фильтров являются:

- частота среза;
- спад;
- показатель качества «Q» (добротность).

Частота среза высоких или низких частот, при которой фильтр начинает действовать, определяется как частота, при которой нормированное усиление падает на 3дБ ниже единицы.

Спад это наклон графика зависимости амплитуды сигнала от частоты в области частоты среза. Эта характеристика отличает идеальный фильтр от практического.

Добротность определяет коэффициент передачи фильтра на его резонансной частоте, а также спад коэффициента передачи на любой стороне от резонансной частоты.

Чаще используют активные фильтры, поскольку они обеспечивают более крутой спад и лучшую стабильность.

## 5.5 Линеаризация

Многие датчики за пределами заданного входного диапазона проявляют нелинейную связь с измеряемым явлением. Если нелинейное соотношение предсказуемо и повторяемо, то эта задача выполняется аппаратурой преобразования сигналов, запрограммированной на определённый датчик. В противном случае линеаризацию выполняет программное обеспечение системы сбора данных.

## 5.6 Электрическая развязка

Электрически развязанный датчик передаёт сигнал от источника к измерительной системе **без гальванического или физического соединения**, что очень важно, если часть аппаратуры работает во взрывоопасной зоне.

К наиболее распространённым методам развязки цепей относятся:

- **оптоэлектронная**, применяется при передаче цифровых сигналов;
- **магнитная** (трансформаторная), для источников питания;
- **ёмкостная**, используется при передаче аналоговых сигналов;
- **релейная** (сухие контакты), для развязки и коммутации силовых цепей.

Аналоговый сигнал модулируется, чтобы преобразовать величину напряжения в частоту, и модулированный сигнал передаётся через трансформатор или конденсатор без непосредственного физического соединения, после чего он снова преобразуется в напряжение.

Электрическая развязка защищает компьютерное оборудование и оператора от высоковольтных импульсов, устраняет влияние на точность измерения паразитных контуров и синфазных напряжений, замыкающихся через землю.

## 5.7 Вторичные источники питания и заземление

Для питания гальванически развязанных датчиков, усилителей, фильтров и другой аппаратуры, находящейся во взрывоопасной зоне, применяются вторичные источники питания (ВИП). Развязка ВИП осуществляется через трансформатор путём двойного преобразования напряжения.

Обычно для измерения сигналов первичный усилитель делают «плавающей точкой», т.е. предусматривают электрическую развязку от базовой земли системы.

Для плавающих, или незаземлённых, источников сигналов, разность потенциалов, которую может иметь каждая из сигнальных линий по отношению к земле системы, не создаёт напряжения и не искажает сигнал.

В АСУ ТП системах датчики обычно располагаются далеко от ПК, в котором производится обработка данных. Поэтому в условиях помех, передавая на большие расстояния слабые аналоговые сигналы с датчиков, можно потерять информацию.

Сейчас практически во всех системах сбора данных применяется «распределённый ВВОД / ВЫВОД». Это специализированный модуль, расположенный в непосредственной близости от датчиков, с которыми он сопрягается. В его состав входят, кроме устройств предварительного усиления и фильтрации сигналов с датчиков, АЦП, программируемый микроконтроллер, адаптеры коммутационных портов и даже радио связь.

Чаще всего импульсные высокочастотные сигналы передаются по проводам. А на провода действуют ПОМЕХИ – нежелательные электрические воздействия, способные исказить полезную информацию. От помех полностью избавиться нельзя, но уменьшить шумовое напряжение до уровня, когда оно перестанет создавать помеху, можно!

Для этого используют разного вида провода (экранированные, коаксиальные, витые пары, волоконно-оптические кабели) и заземление экранов кабелей.

Общие правила выбора кабеля:

- низкие скорости передачи данных – витая пара;
- высокие скорости передачи данных – коаксиальные;
- высокий уровень шумов – медные экранированные или волоконно-оптические.

Разбиение контура заземления на сигнальные линии путем использования трансформаторов или оптоэлектронных пар может обеспечить дополнительное снижение шумов.

Правила заземления экрана:

- экраны должны быть заземлены только на одном конце;
- если источник не заземлён, а усилитель сигналов заземлён, то экран на входе должен быть всегда соединён с общим проводом усилителя;
- если источник заземлён, а усилитель сигналов не заземлён, то экран на входе должен быть соединён с общим проводом источника, даже если эта точка не находится под потенциалом земли.

Заземление экрана даёт дополнительные выгоды:

- обеспечение пути для высокочастотных токов;
- препятствует накоплению статического заряда.

## **Раздел 6. Модули ввода/вывода**

В системах АСУ ТП топливообеспечения кроме сбора информации о наличии на складе нефтепродуктов (НП) и состоянии оборудования,

требуется формировать управляющие команды, обеспечивающие приём, хранение, выдачу и учет ГСМ.

В реальных системах применяют часто многоцелевые модули, содержащие компоненты для сбора данных и управления. К этим компонентам относятся схемы для измерения и преобразования аналоговых входных сигналов в цифровой формат; схемы для получения из цифровых сигналов управления аналоговых выходных сигналов; схемы счетчиков / таймеров, а также цифровые интерфейсы ввода / вывода. Кроме того, производятся и широко используются специализированные сменные модули.

Конструктивно, в зависимости от места расположения и выполняемых функций, такие устройства могут быть сменными платами, мезонинными платами, модулями и т.п.

### 6.1 Аналого-цифровой преобразователь(АЦП)

Входные АЦП преобразуют аналоговые напряжения от внешних источников сигналов в цифровой формат, который может быть обработан компьютером. Для одновременной дискретизации нескольких аналоговых каналов модуль должен иметь схемы выборки и хранения входных сигналов. Типичный модуль содержит следующие компоненты:

- входной мультиплексор;
- усилитель входного сигнала;
- схема выборки и хранения;
- аналого-цифровой преобразователь;
- буфер памяти;
- система синхронизации;
- интерфейс шины.

Каждый из этих компонентов играет важную роль в том, насколько быстро и точно модуль АЦП может собирать данные.

АЦП является основным элементом аналого-цифрового модуля ввода /вывода и по методу преобразования аналоговых сигналов в цифровой формат их можно разделить на три вида:

- с последовательным приближением;
- параллельные АЦП преобразователи;
- интегрирующие АЦП преобразователи.

АЦП с последовательным приближением (или поразрядного взвешивания) является достаточно быстродействующим (до 1МГц) и недорогим методом прямого преобразования. Он имеет фиксированное время преобразования, пропорциональное количеству разрядов (n) цифрового выхода. Каждый последующий разряд, увеличивающий вдвое точность АЦП, увеличивает время преобразования на период T, а общее время преобразования n – разрядного АЦП равно nT.

АЦП начинает процедуру преобразования с подключения цифрового входа к ЦАП – цифро-аналоговому преобразователю, так что его выходное

аналоговое напряжение составляет половину напряжения всей шкалы АЦП. Для сравнения аналогового выхода ЦАП с измеряемым входным сигналом используется компаратор. Каждый последующий шаг делит оставшуюся часть входного диапазона пополам и затем снова сравнивает его с входным аналоговым сигналом. Эта процедура повторяется до тех пор, пока не изменятся все  $n$  разрядов ЦАП.

Чтобы входной аналоговый сигнал, подаваемый на АЦП, во время преобразования не изменялся, используется схема выборки и хранения.

Параллельные аналого-цифровые преобразователи являются самыми быстрыми АЦП, работающими со скоростями до сотен мегагерц. Этот тип устройств, применяется там, где требуются чрезвычайно высокие скорости преобразования с невысоким разрешением, например 8 разрядов.

Каждый из параллельно включенных компараторов одновременно сравнивает напряжение входного сигнала с опорным напряжением, определяемым его положением в последовательной цепочке резисторов, обеспечивая соответствующий выходной код устройства. Однако чем больше разрешение устройства, тем большее количество компараторов требуется.

Параллельные АЦП применяются в быстродействующих устройствах и в частности для обработки сигналов в реальном времени.

Интегрирующие АЦП используют косвенный метод аналого-цифрового преобразования, когда входное аналоговое напряжение преобразуется во временной интервал, длительность которого определяется с помощью счетчика. В начале аналого-цифрового преобразования опорный счетчик обнуляется, и измеряемый сигнал подаётся на вход интегратора. Как только выходное напряжение интегратора достигнет нуля, начинается счет с фиксированным интервалом. Спустя заданный период счета  $T$ , выходное напряжение интегратора достигнет некоторого значения, пропорционального амплитуде входного сигнала и счетчик останавливается. Если аналоговый входной сигнал изменяется вовремя счета, то выходное напряжение интегратора будет пропорционально среднему отклонению входного сигнала за время счета, что устраняет влияние периодических помех и сетевых наводок на входе.

Счетчик снова обнуляется. На вход интегратора вместо входного сигнала подаётся опорное напряжение противоположного знака, и начинается счет. Когда выход интегратора снова возвратится к нулю, счетчик останавливается. Среднее значение входного аналогового сигнала равно отношению показаний счетчика, умноженному на опорное напряжение, т.к.

$$U_{\text{вх}} T_{\text{интервала}} = U_{\text{опоры}} T_{\text{счетчика}}$$

Этот метод очень эффективен при усреднении и позволяет производить точные вычисления в условиях периодических помех. Точность данного устройства определяют стабильность и скорость работы тактового устройства во время счета, а также точность и стабильность опорного устройства. Эти АЦП обычно используются в низкочастотных (до нескольких сотен Гц) измерительных приборах (например, для измерения температуры). Однако они могут обеспечить большую точность и разрешение при низкой стоимости.

Погрешность является основным параметром, приводимым в спецификациях АЦП, и определяется как диапазон входного аналогового сигнала, на который приходится один цифровой разряд АЦП. Для реальных преобразователей погрешность не должна быть меньше  $\frac{1}{2}$  или больше  $\frac{3}{4}$  младшего разряда.

Разрешение определяется количеством дискретных участков, на которые полная шкала входного напряжения может быть разделена, т.е. оно выражается количеством разрядов АЦП. Так, если 12-разрядный АЦП использовать для измерения аналогового сигнала в диапазоне от -10В до +10В, то наименьшее регистрируемое изменение напряжение будет составлять:  $20\text{В} / 4096 = 4,88 \text{ мВ}$ .

Входной диапазон относится к максимальному и минимальному входному напряжению, которое АЦП может квантовать и переводить в цифровой формат. Входной диапазон реально задаётся переключателями или микропереключателями, установленными на плате.

Время преобразования определяется как время от начала квантования до действительных цифровых данных, появляющихся на выходе. Для большинства АЦП время преобразования идентично скорости преобразования. Для некоторых быстродействующих АЦП режим конвейерной обработки позволяет новые преобразования инициировать до получения результатов предыдущих. Есть АЦП, которые могут работать с частотой 5 МГц (время преобразования – 200 нс), но при этом на одну отдельную операцию требуется фактически 675 нс (скорость преобразования – 1,48 МГц).

Неопределённость квантования в пределах  $\pm \frac{1}{2}$  младшего разряда говорит о том, что каждый выходной цифровой код действителен только для небольшого участка входных аналоговых величин. Аналоговые входные значения в пределах данного дискретного диапазона представляются одним и тем же выходным цифровым кодом, обычно сопоставляемым со средней величиной этого диапазона.

Однополярный сдвиг является отклонением фактической точки преобразования от первой идеальной точки, т.к. для идеальной аналоговой функции первое преобразование должно производиться при превышении аналогового нуля на половину младшего разряда.

Биполярный сдвиг это ошибка смещения аналогового нуля из-за нелинейности биполярного АЦП.



Ошибка усиления, при однополярном и биполярном измерениях напряжения, представляет крутизну наклона идеальной характеристики преобразования и определяется как разница между реальной и идеальной функциями преобразования максимальных значений диапазона, когда ошибка смещения является нулевой. Ошибка усиления действует на каждый код в равной пропорции.

Дрейф смещения и усиления характеризуют чувствительность АЦП к температурным изменениям. Усиление и смещение являются наиболее критичными параметрами, которые определяют возможность использования АЦП в каждом конкретном случае. В идеале, по мере возрастания входного напряжения на АЦП, линейно должен возрастать и цифровой код на выходе. Идеальная функция преобразования должна быть прямой линией.

Нелинейность определяется как отклонение от прямой линии. Ошибки, которые нельзя устранить, возникают из-за интегральной и дифференциальной нелинейности.

Интегральная нелинейность представляет собой отклонение реальной функции преобразования от идеальной прямой линии. Отклонение любого преобразования от соответствующей точки этой прямой является интегральной нелинейностью. Интегральная нелинейность для каждого преобразования может быть разной. Она является важным показателем, поскольку точное преобразование двоичного кода в эквивалентное напряжение является, по сути, только масштабированием.

Дифференциальная нелинейность определяется как отклонение погрешности от идеального значения в 1 единицу младшего разряда. Идеальный АЦП имеет нулевую динамическую нелинейность, в то время как реально она составляет  $\frac{1}{2}$  младшего разряда. Если ошибки дифференциальной нелинейности велики, это может привести к пропуску кода, т.е. динамической ошибке -1 младшего разряда.

Часто вместо понятия Динамической нелинейности вводится упрощенное понятие Монотонности или отсутствие пропущенных кодов. Чтобы устройство поддерживало монотонность, его выходная величина при увеличении входного напряжения должна либо увеличиваться, либо оставаться постоянной. Монотонное поведение требует, чтобы дифференциальная нелинейность была бы более положительной, чем -1 младший разряд.

## 6.2 Мультиплексор

Мультиплексор является устройством, которое подключает один из аналоговых входов (обычно до 16 однопроводных линий) к выходу. АЦП производит выборку одного канала и переключается к следующему каналу, производит выборку на этом канале и переключается к

следующему и т.д. Мультиплексирование устраняет необходимость иметь усилитель сигнала и АЦП для каждого входного канала.

Мультиплексор характеризуется:

- временем установления, которое требуется для установления входного сигнала на выходе мультиплексора с учетом заданной ошибки;
- временем переключения, за которое выходное напряжение мультиплексора становится равным входному напряжению при переключении с одного канала на другой;
- пропускная способность считается меньше времени установления и времени переключения. Она определяет полную пропускную способность модуля АЦП.

### 6.3 Усилитель входного сигнала

Для достижения максимальной точности измерения входного аналогового сигнала его диапазон изменения должен соответствовать полной шкале АЦП. Усиление производится с помощью высококачественного операционного усилителя, который должен характеризоваться следующими показателями:

- наличие дифференциальных входов;
- высокое входное сопротивление;
- низкие выходные токи смещения;
- низкая скорость дрейфа;
- высокая степень подавления синфазных сигналов.

Усилители могут применяться с фиксированным коэффициентом усиления или программируемым для каждого канала, путем однократной записи в регистр соответствующего кода. Это особенно удобно, когда в разных каналах сигналы имеют разные уровни и разные диапазоны изменения. В некоторых модулях АЦП усиление усилителя подстраивается автоматически и не позволяет выходить усилителю за пределы линейной зоны.

На точность и быстродействие усилителя влияет временной и температурный дрейф нулей и коэффициента усиления, а также частотная полоса пропускания или время установления сигнала на выходе. Для работы с низкими уровнями сигналов требуются большие коэффициенты усиления, которые увеличивают время установления и уменьшают пропускную способность модуля.

Современные платы АЦП учитывают требуемый входной диапазон и коэффициент усиления и обеспечивают максимальную пропускную способность при высоких уровнях входных сигналов, для которых требуется меньшее усиление.

## 6.4 Схема выборки и хранения

Устройство выборки и хранения аналоговых сигналов состоит из двух буферных последовательно включенных операционных усилителя (входного и выходного), связанных между собой через мультиплексный коммутатор. На входе выходного буферного усилителя стоит конденсатор для хранения заряда.

Коммутатор, соединяющий вход с выходом, управляется кодовым сигналом.

Схема выборки и хранения имеет два состояния. В режиме выборки поступающая на управляющий вход кодовая команда на выборку замыкает внутренний ключ, позволяя выходному напряжению максимально близко соответствовать входному. В этом режиме конденсатор хранения заряжается до уровня подаваемого на вход напряжения. Когда на вход подаётся команда хранения, ключ размыкается, отключая выход от входа. Когда ключ разомкнут, высокое входное сопротивление усилителя предотвращает быстрый разряд конденсатора, при этом конденсатор хранения сохраняет значение входного сигнала в том состоянии, которое было на момент подачи на управляющий вход команды хранения.

Большинство АЦП требуют фиксированного временного периода, во время которого преобразуемый сигнал остаётся постоянным. Схема выборки и хранения запрашивает аналоговый сигнал именно в тот момент, когда управляющий код становится активным, а АЦП преобразует его в цифровой формат.

## 6.5 Буфер памяти модуля АЦП

Быстродействующие модули АЦП характеризуются наличием у них буферной памяти (до 64кБ). Адресация к ней производится как к устройствам ввода / вывода. Буферная память полезна, когда ПК работает в многозадачном режиме, с последовательным опросом устройств ввода / вывода, с прерываниями и прямым доступом в память. Это значительно увеличивает пропускную способность АЦП.

## 6.6 Система синхронизации модуля АЦП

Главной задачей системы синхронизации модуля АЦП является генерация сигналов, которые позволяют компонентам входных аналоговых схем производить их функции корректно и эффективно. Схемы выработки тактовых импульсов состоят из встроенных тактовых генераторов (с частотой от 400кГц до 10МГц), схемы деления частоты (ИС счетчика / таймера), устройств запуска и останова. Для каждого канала Система синхронизации должна обеспечить выполнение следующих операций:

- выбрать измеряемый канал (режим выборки);
- подождать пока установится сигнал на мультиплексоре и усилителе;

- перевести схему выборки и хранения в режим хранения;
- подать на АЦП сигнал начала преобразования;
- принять от АЦП сигнал окончания преобразования;
- переслать данные, полученные из АЦП, в буферную память;
- обеспечить циклическую выборку всех измеряемых каналов.

### **6.7 Интерфейс шины расширения модуля АЦП**

Интерфейс шины обеспечивает управляющие сигналы, необходимые для передачи данных с модуля в память ПК и для передачи информации о конфигурации АЦП.

В состав интерфейса входят:

- разъём, обеспечивающий аппаратный интерфейс для подключения всех управляющих сигналов от ПК и передачи на него данных;
- схема, задающая базовый адрес модуля, настройку уровня прерывания и ПДП;
- электрически развязанный вторичный источник питания;
- обычный порт для обмена информацией с устройствами ввода /вывода;
- схема настройки состояний ожидания.

Количество тактов ожидания обычно задаётся с помощью перемычек.

### **6.8 Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП)**

Модуль цифро-аналогового преобразователя преобразует сигналы от ПК в аналоговую форму, необходимую для использования внешними устройствами, такими, как исполнительные механизмы, управляющие технологическими процессами. Эти модули в своём составе содержат следующие основные элементы:

- цифроаналоговый преобразователь (ЦАП);
- выходной усилитель / буфер;
- буферная память;
- система синхронизации;
- интерфейсная расширительная шина.

Каждый из этих элементов оказывает большое влияние на скорость, точность и гибкость, с которой модуль ЦАП может генерировать аналоговые сигналы. Обычно модули ЦАП имеют от 2-х до 16-ти каналов, каждый из которых имеет ЦАП и выходной усилитель/буфер.

ЦАП принимает в качестве входа параллельный цифровой код, а в качестве выхода выдает аналоговый ток или напряжение. Основной выходной величиной является ток, хотя с помощью операционного усилителя его легко преобразовать в напряжение. ЦАП состоит из совокупности аналоговых ключей, управляющих входящим кодом, и совокупности прецизионных резисторов. Ключи управляют токами или напряжениями от эталонного опорного источника, и обеспечивают

выходной аналоговый ток или напряжение, соответствующие значению входного кода. Выходное напряжение прямо пропорционально опорному напряжению и выражается соотношением:

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{опоры}} (B_0 2^{-1} + B_1 2^{-2} + \dots + B_{n-1} 2^{-n});$$

Весовые коды, отличные от простого двоичного, могут быть получены путем соответствующего выбора весовых резисторов при построении схемы ЦАП. Наиболее популярная схема ЦАП с цепочкой резисторов типа R-2R, которая имеет постоянное входное сопротивление выходного усилителя, легкий подбор резисторов и высокое быстродействие.

Принцип работы лестничной цепочки резисторов основан на двоичном делении токов. В ветви старшего разряда течет ток

$$I_0 = U_{\text{опоры}} / 3 R .$$

В узле старшего разряда ток разветвляется. Половина его течет на землю через резистор 2R, а другая к следующему узлу через приведенное сопротивление 2R, где вновь делится пополам уже в узле второго по старшинству разряда и так далее. Ток от старшего разряда делится на  $2^n$ , когда он достигает суммирующего входа усилителя.

Большинство параметров и ошибок ЦАП такие же как у АЦП, т. к. ЦАП включен в его обратную связь. Однако качество выходного сигнала ЦАП зависит от ряда параметров:

- разрешение – является мерой выходной ступеньки младшего разряда;
- диапазон – однополярный или биполярный определяется выходным усилителем;
- время установления – определяется как время, необходимое для достижения постоянного значения выходного сигнала в пределах заданной ошибки ( $\pm 1/2 \text{ МР}$ ). Эта цифра учитывает все внутренние факторы: замыкание и размыкание ключей, изменение токов в цепочках резисторов и время, необходимое для установления выходного напряжения операционного усилителя;
- скорость нарастания выходного напряжения – это максимальная скорость, с которой ЦАП может обеспечить изменение выходного сигнала;
- скорость обновления сигнала ЦАП является функцией времени установления и скорости нарастания выходного напряжения. Она определяет быстродействие ЦАП и для систем управления обычно не критична.

### 6.9 Выходной усилитель/буфер

Операционные усилители, подключаемые к выходу ЦАП, обеспечивают необходимые диапазоны и мощности выходных сигналов.

Резисторы обратной связи, задающие усиление, диапазоны выходных напряжений или сдвига, обычно находятся в самом модуле ЦАП. Это позволяет обеспечить точное соответствие температурных характеристик резисторов обратной связи и внутренних резисторов лестничной цепочки ЦАП. Биполярные диапазоны выходного напряжения обычно получаются простым сдвигом однополярного напряжения, причем используется резистор, имеющийся в ЦАП.

### **6.10 Буферная память модуля ЦАП**

Буферная память («первый пришел, первый ушел») образует область быстрой временной памяти, ёмкостью до 64Кбайт, обращение к которой производится как к устройству ввода / вывода. Аналоговый сигнал, сохранённый в буферной памяти, может многократно использоваться без участия ПК.

Модули генерации аналоговых сигналов с несколькими каналами, работающими одновременно или последовательно, требуют, чтобы сохранённая в памяти цифровая информация содержала адрес канала, который должен выводить информацию.

Одним из свойств, которое отличает модуль быстродействующего генератора аналогового сигнала от простого модуля аналогового выхода, является наличие устанавливаемой в модуле буферной памяти.

### **6.11 Схема синхронизации модуля ЦАП**

Схема синхронизации требуется только быстродействующим модулям ЦАП, которые имеют буферную память. Вывод и обновление выходного сигнала определяется максимальной скоростью передачи данных к модулю ЦАП.

Модули, предназначенные для генерации быстроизменяющихся аналоговых сигналов, содержат программируемые счетчики / таймеры, источники тактовых сигналов, встроенные генераторы (до 10 МГц), схемы деления частоты и т.п.

Преобразование данных может быть синхронизовано с внешними событиями с помощью внешних запускающих цифровых или аналоговых устройств.

### **6.12 Интерфейсная шина**

Интерфейсная шина обеспечивает управление и сигналы, необходимые для передачи данных из памяти ПК, либо непосредственно в ЦАП, либо в находящийся в модуле буфер памяти. В состав интерфейсной шины входят:

- разъём, обеспечивающий аппаратный интерфейс, необходимый для подключения всех управляющих сигналов и данных, с шиной главного компьютера;
- схемы, задающие с помощью микропереключателей, базовый адрес модуля, адрес памяти и адреса портов ввода / вывода;
- источник генерируемых сигналов прерывания;
- управляющие сигналы ПДП (прямого доступа в память) обычно задаются с помощью перемычек в модуле;
- обычные порты ввода / вывода модуля и их адреса.

Цифровые интерфейсы ввода / вывода обычно используются в системах ПДП ПК для сбора данных и управления технологическими процессами.

Интерфейс модуля ЦАП является компонентом модуля, построенным на интегральных схемах (ИС), способных принимать и выдавать сигналы логического уровня: нуль – от 0В до 0,8 В; единица – от 2,2 В до 5,5 В.

Обычно цифровой интерфейс представляет собой несколько цифровых линий ввода / вывода, сгруппированных по портам.

Программное обеспечение конфигурирует канал модуля либо на ввод, либо на вывод, но не на то и другое вместе. Напряжение, прикладываемое к каналу и определённое как входное, берется по отношению к общему проводу или земле. Через эту землю подаётся напряжение на светодиод оптоэлектронной пары. Светодиод излучает свет, который попадает на базу транзистора и открывает его. Открытый транзистор, в свою очередь, является для модуля сигналом того, что на вход подано напряжение.

## **Раздел 7. Передача данных**

Каналы связи, будь то телефонная линия, наземная линия связи или радио, не могут представлять цифровую информацию абсолютно без искажения сигнала, из-за ограниченной полосы пропускания. Поэтому цифровые сигналы преобразуют в аналоговый вид, удобный для передачи на большие расстояния. Такой преобразователь называют модемом (модулятор-демодулятор). Демодулятор в модеме принимает аналоговую информацию и преобразует её обратно в исходную цифровую информацию. Ширина полосы пропускания определяется разностью между самой нижней и самой верхней допустимыми частотами. Так из-за индуктивности и ёмкости кабеля связи телефонной линии её полоса составляет от 300 до 3400Гц.

Мультиплексирование позволяет существующую линию или канал связи использовать для передачи нескольких сообщений за один раз и может резко увеличить производительность линии. Демультимплексирование является процессом извлечения отдельных сообщений канала из мультиплексированных данных.

## 7.1 Способы модуляции

Модуляция изменяет характеристики несущего сигнала, который может быть представлен синусоидальной волной:

$$U(t) = A \sin(\omega t + \varphi),$$

где:  $\omega = 2\pi F$  круговая частота;

$U(t)$  – мгновенное значение сигнала;

$A$  – максимальная амплитуда;

$\varphi$  – фазовый угол;

$F$  – линейная частота.

Существует несколько способов модуляции:

- амплитудная модуляция (АМ);
- частотная модуляция (ЧМ);
- фазовая модуляция (ФМ);
- квадратурная амплитудная модуляция (КАМ).

Амплитуда сигнала изменяется (модулируется) в соответствии с двоичным потоком поступающих данных. При таком способе модуляции трудно различить сигнал и помеху, изменяющую амплитуду сигнала.

Частотная модуляция обычно используется в модемах, где для логических 0 и 1 используют две разные полосы частот, которые должны попадать в допустимую частотную полосу коммутационного канала.

Фазовая модуляция – это процесс, при котором изменяется фаза несущей частоты. Для кодирования используются четыре фазовых угла (квадратурная фазовая модуляция): фаза =  $0^\circ$  - опорная частота;

$90^\circ$  - код **00**;  $180^\circ$  - код **01**;  $270^\circ$  - код **10**;  $360^\circ$  - код **11**.

В любой момент времени возможны четыре фазовых угла, что позволяет основному модулю данных быть двух битной парой, или дибитом. При использовании для каждого фазового сдвига двух битов, скорость модуляции 600 бод обеспечивает скорость передачи данных 1200 бит/с.

Квадратурная амплитудная модуляция для передачи синусоидального сигнала использует два параметра – амплитуду и фазу, что позволяет использовать 4-е бита, чтобы кодировать каждое изменение амплитуды и фазы. Сигнал 2400 бод обеспечит скорость передачи данных 9600 бит/с.

КАМ модемы подвержены воздействию помех, поэтому была введена новая технология, называемая решетчатым кодированием, что вдвое увеличивает скорость передачи сигналов по обычным телефонным линиям. Чтобы при этом минимизировать количество ошибок, возникающих при воздействии помех, кодирующее устройство добавляет к каждому символьному интервалу бит избыточного кода. Действительными являются только некоторые последовательности. Если за счет помех на



линии, принятые последовательности отличаются от переданных, приёмник будет выбирать действительную сигнальную точку, ближайшую к наблюдаемому сигналу без необходимости повторной передачи повреждённых данных.

Обычный КАМ модем требует повторную передачу поврежденных данных в среднем от 10 блоков данных, то модем с решётчатым кодированием в 1000 раз реже, т.е. от 10000 блоков, где может оказаться лишь один испорченный блок данных.

Модем состоит из 2-х каналов: передатчика (кодера) и приёмника (декодера).

## 7.2 Работа модема

Модемы могут работать в двух режимах: полнодуплексном и полудуплексном. Полнодуплексный режим более эффективен, т.к. данные могут передаваться в обе стороны одновременно, а в полудуплексной системе данные тоже могут передаваться в оба направления, но только по очереди.

Модемы используют один из двух способов передачи данных: асинхронный и синхронный.

При асинхронной передаче данных используются три дополнительных бита: стартового, в начале потока битов данных, бита чётности и стопового бита в конце передачи. После того как данные будут приняты, канал возвращается к состоянию паузы, а приёмник ожидает следующего стартового бита, который указывает на поступление следующих 8-ми битов данных.

Синхронная передача данных основана на том, что все символы передаются в виде непрерывного потока. Первые несколько битов сообщения содержат данные, позволяющие приёмнику синхронизироваться с поступающим потоком информации. Синхронная передача обеспечивает гораздо большие скорости передачи, но из-за большей технической сложности используется редко.

## 7.3 Кодер

Канал передатчика состоит из следующих узлов:

- устройство кодирования данных;
- шифратор;
- модулятор;
- усилитель.

Устройство кодирования данных использует многоуровневое кодирование, при котором каждое изменение сигнала представляет несколько битов данных.

Шифратор используется только при синхронной передаче. Он модифицирует поток данных так, чтобы не было длинных

последовательностей 0 и 1, которые создают трудности при извлечении информации.

Модулятор преобразует поток битов в подходящую аналоговую форму с помощью выбранного способа модуляции. Когда с принимающим модемом устанавливается контакт, на линии появляется несущая.

Усилитель увеличивает уровень сигнала до приемлемого значения и производит согласование с волновым сопротивлением линии.

## 7.4 Декодер

Канал приёмника содержит узлы:

- фильтр и усилитель;
- эквалайзер;
- демодулятор;
- дешифратор;
- устройство декодирования данных.

Фильтр и усилитель удаляют помехи и усиливают результирующий сигнал.

Эквалайзер уменьшает влияние ослабления на различные частотные компоненты переданного сигнала. Эталонный модулированный сигнал, называемый настроечным сигналом, посылается по линии передающим модемом. Принимающий модем знает идеальные характеристики настроечного сигнала, поэтому эквалайзер подстраивает свои параметры таким образом, чтобы скорректировать ослабления и задержки сигнала.

Демодулятор извлекает поток битов из аналогового сигнала.

Дешифратор восстанавливает исходный вид данных.

Устройство декодирования данных воспроизводит окончательный поток битов в передаваемом формате.

## 7.5 Радиомодемы

Радиомодемы используются для замены проводных и оптоволоконных линий в удалённых местах. Они используются для простой связи ПК с ПЛК – программируемым логическим контроллером без необходимости особой модернизации. Радиопередатчик / приёмник просто включается в состав модема.

Современные радиомодемы работают в диапазоне от 400 до 900 МГц. Для распространения волн в этом диапазоне и обеспечения надёжной связи необходима прямая видимость между передающей и приёмной антеннами. В сложных коммуникационных сетях можно использовать один радиомодем в качестве сторожевого устройства, периодически опрашивающего все радиомодемы сети и проверяющего их работоспособность. Радиомодем можно использовать и в качестве релейной станции для связи с другими системами, находящимися вне диапазона действия главной станции.

Радиомодемы обычно используют интерфейс RS-232 или RS-485. Обычная скорость передачи данных составляет 9600 бит/с. Для модемов необходим буфер, который обычно имеет ёмкость около 32 кБ. Аппаратное и программное управление потоком обычно обеспечивает встроенная в модем программа, обеспечивающая отсутствие потерь данных между радиомодемом и подключенным ПК.

В качестве способа модуляции чаще всего используется двух или трехуровневая прямая фазовая модуляция (9600 бит/с). Радиомодемы могут работать в двух режимах:

- от точки к точке;
- от точки к нескольким точкам.

Радиомодем требует настройки следующих параметров:

- частота радиоканала передачи/приёма, при передаче от точки к точке, оба радиомодема работают на противоположных частотах;
- формат и скорость передачи главного модема, скорость передачи данных, размер символа, тип четности и количество стоповых битов для интерфейса RS-485;
- скорость передачи радиоканала, определяется возможностями радиомодема и шириной полосы, параметры устанавливаются на заводе – изготовителе;
- минимальный уровень радиосигнала;
- скорость передачи управляющих данных канала;
- задержка передатчика. Время, необходимое передатчику на включение и переход в стабильное состояние, прежде чем полезные данные будут передаваться по радиоканалу.

## **7.6 Выбор и контроль модема**

При выборе модема для промышленного применения следует обращать внимание на:

- набор команд, автоматизирующих функции модема в соответствии с Hayes AT;
- скорость передачи данных;
- удобство переключения передачи с асинхронной на синхронную и наоборот;
- полный дуплексный режим передачи, а не полудуплекс с переключением линий;
- способ модуляции V.34+, включающий наиболее распространённый стандарт V.22 bis, и имеющий универсальные возможности передачи данных (со скоростью 2400 бит/с);
- сжатие данных и обнаружение/исправление ошибок по стандарту V.42 bis;
- управление потоком данных от ПК, чтобы не перегрузить модем;
- современные модемы имеют автономное питание;
- наличие функций самодиагностики и диагностики с использованием местной и удалённой аналоговой и цифровой обратной связи;

- выбор модема должен производиться с учётом места применения.

Для обнаружения неполадок в работе модема существуют различные способы контроля:

- самодиагностика, когда модем подключает свой передатчик к своему приёмнику. Подключение к линии передачи разрывается, к принимающей части модема передаётся специальная последовательность битов, где эти биты сравниваются с контрольным битом. Если переданная последовательность битов не соответствует ожидаемой, то на передней панели модема выводится сообщение об ошибке;
- местная цифровая обратная связь, предназначенная для проверки ПК и интерфейса **RS-485**;
- местная аналоговая обратная связь, предназначенная для проверки схем модулятора и демодулятора модема;
- удалённая аналоговая обратная связь, для проверки соединяющего кабеля и местного модема;
- удалённая цифровая обратная связь, предназначенная для проверки местного и удалённого модема, а также соединительного кабеля.

## 7.7 Мультиплексирование

Для резкого увеличения производительности линии связи применяют мультиплексирование, т.е. передачу нескольких сообщений за один раз.

Демультимплексирование является процессом извлечения отдельных сообщений канала из мультиплексированных данных.

Возможны три способа разделения каналов:

- пространственное;
- частотное;
- временное.

При пространственном мультиплексировании каналы имеют свои физические линии связи, которые передающей станцией подключаются поочередно.

Частотное разделение каналов использует отдельные частоты, передаваемые по одному электрическому кабелю. При этом ширина полосы пропускания канала связи должна быть шире, чем ширина полосы отдельного сообщения, передаваемого по каналу.

Временное разделение физических каналов производится путем кратковременного подключения каждого сигнала к линии связи.

## Раздел 8. Компьютерные сети и интернет

### 8.1 Виды сетей

Сеть является системой, предназначенной для взаимного соединения различных устройств так, чтобы все пользователи имели доступ к общим ресурсам и могли обмениваться сообщениями друг с другом. В последнее время сети активно используют для передачи данных в промышленности и построения автоматизированных систем управления технологическими процессами, в том числе и топливообеспечением воздушных судов.

Существуют три широких класса интеллектуальных компьютерных сетей:

- локальные – передающие информацию по кабелю на сотни метров со скоростью до 100 Мбит/с;
- региональные – охватывающие город или район, включающие несколько локальных сетей и использующих в качестве среды связи оптоволоконный кабель или телефонную линию, скорость передачи составляет обычно до 100Мбит/с;
- глобальные – покрывают расстояния в тысячи километров и включают различные среды передачи данных (оптоволоконные и коаксиальные кабели, радио и спутниковые каналы связи, а так же телефонную систему с 200Мбит/с оптоволоконном).

Сети бывают двух типов: с коммутацией каналов и с коммутацией пакетов.

В сетях с коммутацией каналов устанавливается постоянное соединение между двумя концами, как в телефонной системе, что является гарантией неразрывности связи. Но линия связи используется неэффективно, на низких скоростях передачи или при отсутствии информации она простаивает.

Сеть с коммутацией пакетов не устанавливает прямого соединения. Вместо этого сообщение разбивается на несколько пакетов, или кадров, которые передаются по одному, причем каждый из них содержит адрес назначения. Коммутация пакетов дешевле, т.к. лучше используются ресурсы; физические каналы связи передают пакеты от нескольких источников одновременно и по разным маршрутам. Работа по восстановлению исходного вида пакета возлагается на программное обеспечение протокола. Временное соединение между двумя точками образует виртуальный канал, который поддерживается до тех пор, пока существует соединение.

## 8.2 Топология сетей

Топологией сетей называется способ взаимного соединения узлов сети.

**Наиболее распространены три способа:**

- звезда;
- кольцо или петля;
- шина.

При использовании топологии «ЗВЕЗДА» имеется центральный узел, или хаб (концентратор), а все внешние узлы связаны с ним отдельными каналами связи. Обычно центральным узлом является Главный компьютер (СЕРВЕР), а внешними узлами являются АРМы (терминалы) операторов (пользователей). При использовании звездообразной топологии каждый внешний узел соединён с центральным узлом своим кабелем или радиоканалом. Центральный хаб должен иметь пропускную способность, позволяющую одновременно передавать и получать сообщения. Конфликтные ситуации преодолеваются путем использования буферов в компьютере хаба.

Основные недостатки звездообразной топологии:

- вся система не работает, если центральный хаб отключён;
- стоимость звездообразной кабельной сети выше, чем у других топологий.

Узлы «КОЛЬЦЕВОЙ» сети соединены друг с другом так, что образуется петля. Поток данных часто распространяется в обе стороны, причём каждый узел передаёт данные к следующему узлу и т.д. Важно, что каждый узел, принимая данные, способен извлечь их из кольца, чтобы они не циркулировали по цепи бесконечно. Сеть с кольцевой топологией неспособна функционировать, если отключен какой-либо узел или кольцо разорвано. Поэтому, чтобы такую систему дополнить или видоизменить, требуется полное выключение системы.

«ШИННАЯ» топология состоит из коммуникационного канала, к которому подключены узлы, подобно листьям к стволу ветки. Физически узлы не являются частью шины, как в кольцевой топологии, а являются «ответвлениями» от шины. Данные в этой шине можно «видеть» на всех узлах, но скопировать информацию может только узел назначения. В случае отключения узла или его неисправности, сеть может работать без него, как и прежде.

Поскольку любое устройство сети может передавать данные в любой момент времени, то возникает проблема управления трафиком. Для урегулирования доступа устройств к шинной сети и устранения конфликта данных был разработан ряд протоколов. Наиболее удобным для шинной топологии сетей является Ethernet.

## 8.3 Интернет

Компьютерные сети – чрезвычайно сложный и запутанный предмет, включающий в себя множество концепций, протоколов и технологий.

Возможность их применения для автоматизации технологических процессов, является основной базой для развития сетевых технологий. Компьютерные сети – это одна из самых важных и захватывающих технологий нашего времени.

В настоящее время обмен информацией в реальном времени в компьютерных сетях происходит под влиянием Интернета. Термины «сетевые технологии» и «Интернет – технологии» стали синонимами. Интернет создаёт глобальную коммуникацию, позволяя пользователям обмениваться информацией, и задействовать вычислительные ресурсы друг друга. **Интернет является «сетью сетей».** Он связывает в единое целое миллионы вычислительных устройств, расположенных в разных уголках земного шара.

Достижения науки говорят о том, что это лишь начало пути к неизведанным вершинам техники.

#### 8.4 Основные понятия

**Структура Интернета** может быть представлена в виде аппаратных и программных составных частей:

- **ХОСТЫ** или **оконечные системы** – персональные или мобильные компьютеры, серверы и различные вычислительные устройства, включая и телевизоры;
- **ЛИНИИ СВЯЗИ** – связывающие оконечные системы и определяющие максимальную скорость передачи информации, т.е. пропускную способность системы;
- **МАРШРУТИЗАТОРЫ** – специальные коммутирующие устройства, подключающие одну из многочисленных физических линий связи;
- **ПАКЕТ** – порция данных, передаваемая маршрутизатором по линии связи;
- **ПУТЬ** или **МАРШРУТ** – последовательность каналов связи и маршрутизаторов, через которые пакет проходит в процессе передачи. Путь пакета заранее не известен и определяется в процессе передачи, т.е. используется технология коммутации пакетов;
- **ПРОВАЙДЕР** – поставщик услуг Интернета, предоставляющий сеть маршрутизаторов и линий связи оконечным системам.

Провайдеры предлагают несколько способов **подключения хостов к Интернет – сети:**

- **Коммутируемое модемное соединение на скорости 56 Кбит/с;**
- **Широкополосное резидентное подключение при помощи цифровой линии;**
- **Высокоскоростной доступ через локальную сеть;**
- **Беспроводной доступ;**
- **Прямое подключение к сети WEB – сайтов.**

**ПРОТОКОЛ** – определяет формат и очередность сообщений, которыми обмениваются два или более устройства, а также действия,

выполняемые при передаче и/или приёме сообщений либо при наступлении иных событий.

Каждый провайдер является административной единицей, передающей данные по протоколу и соглашениям принятыми в Интернете:

- **TCP (Transmission Control Protocol)** – протокол управления передачей;
- **IP (Internet Protocol)** – определяет формат пакетов, передающихся между конечными системами и маршрутизаторами.

Кроме общедоступного ( «открытого» ) Интернета существует множество закрытых компьютерных сетей, построенных по тому же принципу, что и глобальная Сеть. Частные сети предназначены для использования внутри различных фирм и организаций. Они не могут обмениваться с внешней средой, за исключением сообщений, проходящих через **БРАНДМАУЭРЫ**, контролирующие поток сообщений, входящих и выходящих из сети. Подобные сети объединяют под термином **ИНТРАНЕТ**, что созвучно с термином «Интернет» и отражает тот факт, что в закрытых сетях используются такие же хосты, маршрутизаторы, каналы связи и протоколы как и в открытом Интернете.

Существование Интернета обеспечивается созданием, проверкой и внедрением Интернет – стандартов, носящих название **RFC (Requests For Comments – предложения для обсуждения)**, и которых уже существует более **3000** различных документов.

Протоколы очень широко используются как в компьютерных сетях вообще, так и в Интернете в частности. Для решения разных задач, связанных с передачей данных, требуются разные протоколы, причем многие содержат нестандартные технические решения.

Без преувеличения можно сказать, что изучение компьютерных сетей основывается на понимании того, что, как и для чего выполняется протоколами!

Интернет представляет собой динамически изменяющуюся инфраструктуру, в которой двигателем развития служат пользовательские приложения. Он позволяет распределённым приложениям, работающим на конечных системах, осуществлять обмен данными друг с другом. Передача и приём сообщений производится по протоколу, т.е. согласно набору запросов и ответов, определённых соответствующим договором (сетевым протоколом). Аппаратные и программные средства обеспечивают его выполнение. Любое движение информации в Интернете между устройствами подчинено протоколу.

**ПРОТОКОЛ** определяет формат и очерёдность сообщений, которыми обмениваются два или более устройства, а так же действия, выполняемые при передаче и/или приёме сообщений либо при наступлении иных событий.

Протоколы очень широко используются как в компьютерных сетях вообще, так и в сети Интернет в частности. Для решения разных задач связанных с передачей данных, требуются разные протоколы.



## 8.5 Оконечные системы, клиенты и серверы

Оконечные системы или хосты могут представлять собой самые разные вычислительные устройства: настольные и мобильные компьютеры, рабочие станции и устройства с беспроводным подключением к Интернету; серверы электронной почты и web- серверы; web – телевизоры и цифровые камеры.

**Хосты делят на две подгруппы: клиенты и серверы.**

Клиенты, как правило, относительно маломощные вычислительные машины, которые формируют запросы на сервер и получает результаты обслуживания от сервера, являющегося другим окончательным устройством. Такая модель взаимодействия окончательных систем, доминирующая в Интернете, называется моделью клиент-сервер.

Поскольку программа-клиент и программа-сервер выполняются на различных вычислительных устройствах, то модели клиент-сервер являются распределёнными.

Информация между клиентом и сервером передаётся через каналы связи и службы Интернета.

**Иногда стороны «меняются ролями»:** клиентом считается пользователь, принимающий файл, а сервером – пользователь, передающий файл. При этом направление передачи файлов в течение сеансов связи может изменяться.

Протокол TCP/IP предоставляет два вида служб окончательным системам: службу с установлением логического соединения и службу без становления логического соединения.

В первом случае клиент и сервер обмениваются «рукопожатиями», специальными управляющими пакетами. По окончании этой процедуры логическое соединение между окончательными системами является установленным.

Логическое соединение обеспечивает:

- надёжную передачу данных при помощи подтверждений и повторных посылок;
- контроля потока данных, чтобы ни одна сторона не превысила установленную скорость передачи пакетов, что может привести к ошибкам;
- контроль перегрузки, служащий для предотвращения взаимной блокировки.

Служба без установления логического соединения не использует процедуру «РУКОПОЖАТИЯ»: вместо неё происходит простая передача пакета. Это уменьшает время передачи данных, но снижается надёжность передачи, т.к. передающая сторона не имеет информации о том, была ли передача пакета успешной. Более того, контроля потока данных и перегрузки в этой службе не производится.

Этот «Протокол пользовательских дейтаграмм – UDP» применяют в сфере мультимедиа-приложений для создания аудио- и видеоконференций.

Большая часть Интернет-приложений работает по протоколу TCP, с логическим соединением:

- Telnet – для удалённого доступа в сеть;
- SMTP – для работы с электронной почтой;
- FTP – для передачи файлов;
- HTTP – для навигации в WEB.

## 8.6 Ядро компьютерных сетей

Существует два фундаментальных подхода к организации ядра сети: **коммутация каналов**, когда на время сеанса связи резервируются необходимые сетевые ресурсы, и **коммутация пакетов**, когда ресурсы запрашиваются при необходимости и выделяются по требованию.

Типичным примером сетей с коммутацией каналов является телефонная сеть, где прежде чем начать разговор, нужно установить соединение между передающей и принимающей сторонами. Причём, это соединение не «логическое», а «настоящее». Все каналы, лежащие на пути между абонентами, находятся в состоянии связи. В телефонии такое соединение называется коммутацией и устанавливается постоянная частота передачи. Это возможно благодаря тому, что в телефонных сетях используется стандартная полоса частот. Типичной шириной полосы пропускания для телефонных сетей является 4 кГц.

**Современный Интернет, напротив, является типичной сетью с коммутацией пакетов.** При передаче пакет проходит через множество каналов, однако никакого резервирования частотных полос не происходит. В случае перегруженности какого-либо канала пакет будет вынужден ждать в очереди его освобождения.

Существуют так же сети, использующие режим асинхронной передачи (например АТМ), которые организованы таким образом, что резервирование ресурсов сочетается с организацией очередей сообщений.

## 8.7 Коммутация каналов и пакетов

Каждый канал связи организуется при помощи **ЧАСТОТНОГО** либо **ВРЕМЕННОГО** разделения. В первом случае каждому каналу связи отводится определённая полоса частот, которые не изменяются в течение всего сеанса связи.

**Суть временного разбиения** заключается в следующем: время разбивается на равные промежутки, называемые **КАДРАМИ**, а каждый кадр делится на фиксированное число **СЛОТОВ**. Выделение канала связи заключается в закреплении за парой абонентов одного временного слота в каждом кадре. Внутри этого слота происходит монополярная передача пакетов между абонентами по линии связи.

**Итак, при частотном разделении канал связи непрерывно использует свою частотную полосу, а при временном разделении – всю**

**полосу пропускания линии связи в отведенные ему кванты времени (слоты).**

В современных компьютерных сетях абоненты обмениваются друг с другом сообщениями. Содержание и функции сообщений определяются разработчиком протокола. Большие по объёму сообщения автоматически разбиваются на более мелкие фрагменты, называемые пакетами. **ПАКЕТ является единицей передачи данных.** При передаче пакет проходит через последовательность линий связи и коммутаторов, обычно называемых маршрутизаторами. Передача пакета по линии связи осуществляется монополюсно, т.е. с максимальной скоростью, которую способна обеспечить линия связи.

Большинство маршрутизаторов используют механизм передачи с промежуточным накоплением. Это означает, что перед тем как начать передачу в выходную линию связи, маршрутизатору необходимо завершить процесс приёма пакета в буфер. Время задержки накопления пропорционально длине пакета.

### **Буферы играют ключевую роль в коммутации пакетов!**

Каждый маршрутизатор имеет множество входных и выходных линий связи, а каждая выходная линия связи имеет буфер, называемый **ВЫХОДНЫМ БУФЕРОМ** или **ВЫХОДНОЙ ОЧЕРЕДЬЮ**. В выходном буфере хранятся все пакеты, предназначенные для передачи по линиям связи. Если при окончании приёма пакета обнаруживается, что линия связи занята, то пакет ставится в очередь в выходном буфере.

**Таким образом кроме задержки НАКОПЛЕНИЯ в маршрутизаторе присутствует ЗАДЕРЖКА ОЖИДАНИЯ, зависящая от загрузки линии связи. В случае отсутствия в буфере свободного места может произойти ПОТЕРЯ пакета, что недопустимо при работе автоматизированных систем в «реальном времени».**

Чтобы устранить проблемы с задержками, предложена технология «Быстрая коммутация» (Fast track). Коммутатор просматривает заголовки передаваемых кадров и если кадр относится к сообщению автоматизации, то он передаёт его «на лету», без использования буфера, с более высоким приоритетом, чем кадры остальных сообщений с буферизацией. Сообщения автоматизации пропускаются вперёд, а затем возобновляется передача из буфера. Такие коммутаторы обеспечивают гарантированную передачу сообщений автоматизации в реальном времени. Это открывает путь к распространению стандартных сетей ИНТЕРНЕТА на полевой уровень и построению единых сетей управления и автоматизации предприятий ТЭК на базе ИНТЕРНЕТА.

На сегодняшний день коммутация каналов и пакетов являются двумя наиболее часто используемыми сетевыми технологиями, однако коммутация пакетов представляется более перспективной. Так международные переговоры уже обеспечиваются технологией коммутации пакетов, а в телефонии наблюдается тенденция перехода на неё.

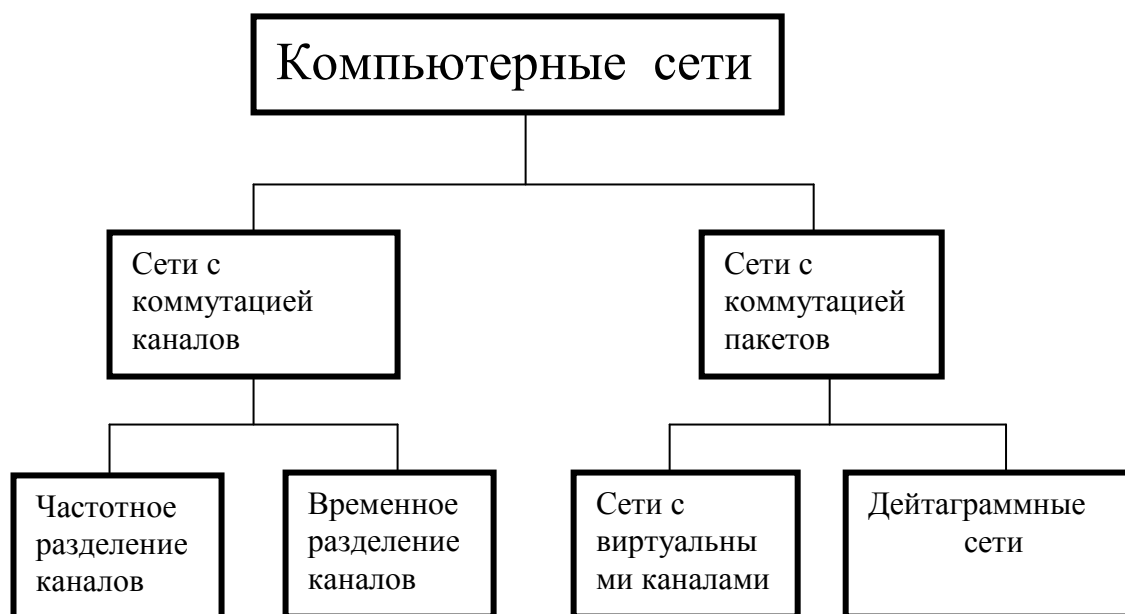
## 8.8 Передача сообщений

Существует два основных класса компьютерных сетей с коммутацией пакетов: **ДЕЙТАГРАММНЫЕ** сети и сети с **ВИРТУАЛЬНЫМ КАНАЛОМ**.

Эти два класса различаются между собой механизмами передачи пакетов внутри сети. Сети, в которых передача осуществляется на основе анализа адреса получателя, называются **ДЕЙТАГРАММНЫМИ**. Этот способ передачи характерен для Интернета.

Для асинхронного режима передачи (АТМ) используются сети с **ВИРТУАЛЬНЫМИ** каналами. Виртуальный канал характеризуется тремя составляющими:

- маршрутом, по которому передаются все пакеты от отправителя к получателю;
- номерами виртуального канала, по одному номеру на каждую из линий связи, образующих маршрут;
- таблицу трансляции номеров виртуального канала.



После того как соединение между получателем и отправителем установлено (создан виртуальный канал), отправитель может начинать пересылку пакетов с соответствующими номерами виртуального канала. При прохождении пакета через коммутатор последний автоматически изменяет для пакета значение номера виртуального канала. Новый номер виртуального канала пакет получает при помощи таблицы трансляции номеров виртуального канала. В сетях с виртуальными каналами путь пакета определяется по содержащемуся в нём виртуальному номеру линии связи. При этом в коммутаторах необходимо хранить информацию обо всех текущих соединениях.

При разрыве соединения эта информация автоматически удаляется как ненужная.

В ДЕЙТАГРАММНОЙ сети каждый передаваемый пакет содержит информацию об адресе получателя, который, как и почтовый адрес, имеет иерархическую структуру. Передача пакета осуществляется с помощью конечного адреса и не зависит от установленного соединения.

## 8.9 Доступ к сети

Доступ к сети можно условно классифицировать следующим образом:

- РЕЗИДЕНТНЫЙ доступ – используется для подключения к сети домашних оконечных устройств;
- КОРПОРАТИВНЫЙ доступ – для подключения к сети оконечных систем, находящихся в частных и государственных организациях;
- МОБИЛЬНЫЙ доступ – применяется для подключению к сети различных мобильных устройств и портативных систем.

Физическая линия связи, соединяющая оконечную систему с периферийным маршрутизатором, тесно связана с физической средой передачи данных в Интернете.

Интернет является весьма сложной системой, состоящей из множества самых разных компонентов: приложений, протоколов, оконечных систем, технологий их доступа к сети, маршрутизаторов, линий связи и т.п. Компьютерные сети это многоуровневые системы, где каждый уровень выполняет собственные функции, используя результаты обслуживания более высоких уровней. Каждый уровень может выполнять следующие функции:

- контроль ошибок;
- контроль потока;
- разбиение и сборка пакетов;
- мультиплексирование;
- установка соединения.

Каждый уровень коммутационной модели имеет собственный протокол.

Коммуникационная модель Интернета состоит из 5–ти уровней:

- физического – для передачи отдельных битов информации между узлами;
- канального – для передачи кадров между соседними узлами;
- сетевого – для передачи дейтаграмм между двумя хостами;
- транспортного – для передачи сообщений прикладного уровня между клиентом и сервером;
- прикладного – предназначен для поддержки сетевых приложений.

Для успешного взаимодействия соседних уровней необходимо четкое определение интерфейса между ними. Такое взаимодействие описывается документированными стандартами, рекомендуемыми к применению разработчиками аппаратного и программного сетевого обеспечения.

Сетевые технологии продолжают своё стремительное развитие. Появились: одноранговая передача данных (P2P), когда обмен данными между пользователями осуществляется путем их прямого соединения между

собой; широкополосный резидентный доступ, беспроводной доступ, обеспечение безопасности и новые решения в распределении ресурсов.

## Раздел 9. Автоматизированные системы учета ГСМ

### 9.1 Критерии эффективности информационных систем

Техника измерений неэлектрических величин электрическими методами достигла в настоящее время высокого уровня развития. Различные по своей физической природе величины, поступая на вход специальных устройств, преобразуются ими в напряжение переменного или постоянного тока, а также в частоту, фазу или период электрических колебаний.

При рассмотрении физики работы ЧЭ, точностных и качественных характеристик следящих и управляющих систем, систем преобразования физических параметров в электрические сигналы, преобразование аналоговых значений величин этих сигналов в их цифровые коды и передачу полученной информации в ЭВМ, где она обрабатывается и хранится, трудно обойтись без математики.

В информационных системах объектом обработки и передачи является не энергия, а **СООБЩЕНИЕ**, содержащее определённое количество информации (сведений) о физических параметрах системы учета ГСМ.

Количество информации в сообщении измеряется некоторым универсальным образом, что позволяет найти критерии эффективности системы.

Например:

- **количество информации**, переданное системой в единицу времени, называют пропускной способностью системы;
- способность системы противостоять вредному влиянию помех, наз. **помехоустойчивостью системы**;
- достоверность обработки информации характеризует **надежность системы и т.д.**

Сообщение может представлять собой непрерывную во времени функцию с конечной частотной полосой (ТЕЛЕФОН) и дискретную последовательность отдельных элементов (ТЕЛЕГРАФ), удобную для передачи на большие расстояния.

**Превращение сообщения в сигнал** состоит из трёх операций:

- преобразование или перевод неэлектрических величин в электрический ток или напряжение;
- кодирование, т.е. построение электрического сигнала по определённому принципу, имеющему простое математическое выражение;
- модуляция, это воздействие на некоторый параметр электрического тока, чтобы в его изменения заложить передаваемый сигнал. Различия в видах

модуляции (АМ, ЧМ, ФМ, АИМ, ШИМ, ФИМ, ЧИМ, Кодовая ИМ) определяются различиями в параметрах переносчиков информации.

В общем виде электрический сигнал можно представить непрерывной во времени функцией:

$$u = A \sin(\omega t + \varphi)$$

где:  $\omega = 2\pi f$  - круговая частота,  $f$  - линейная частота сигнала,  $\varphi$  - фазовый сдвиг,  $A$  - амплитуда,  $t$  - текущее время.

Чтобы произвести дискретизацию непрерывной функции во времени надо выбрать интервал квантования, который согласно теореме Котельникова, обратно пропорционален двойной ширине спектра  $F$ : «Функция с ограниченным спектром полностью определяется своими значениями, отсчитанными через интервалы  $T = 1/2F$ ».

Дискретизация возможна не только по аргументам (квантование по времени), но и по значениям функции (квантование по уровню).

Квантование, заменяющее истинное значение функции определённым квантовым значением, вносит погрешность, не превышающую половину шага квантования.

ЭВМ информационной системы обычно оперирует с двоичным кодом, но выдавать и хранить информацию может как в восьмеричном, так и в десятичном кодах, поэтому следует договориться, что мы будем понимать под словом КОД.

КОДОМ называется совокупность условных сигналов, обозначающих дискретное сообщение. Код строится из элементов. Число различных элементов наз. ОСНОВАНИЕМ кода (двоичный, восьмеричный, десятичный). Условные сигналы, составляющие код, наз. КОДОВЫМИ КОМБИНАЦИЯМИ.

Число элементов или знаков, образующих комбинацию, наз. ЗНАЧНОСТЬЮ кода. Коды, все комбинации которых имеют одинаковое число знаков, наз. РАВНОМЕРНЫМИ. Для равномерного кода число всех возможных кодовых комбинаций выражается формулой:

$N = r^{\tau}$ , где  $r$  - основание кода, а  $\tau$  - значность кода.

Для телеграфного кода Бодо  $N = 2^5 = 32$ , что достаточно для обозначения всех букв русского алфавита.

Неравномерные коды требуют специальных разделительных знаков между кодовыми комбинациями, либо должны строиться так, чтобы никакая кодовая комбинация не являлась началом другой (НЕПРИВОДИМЫЕ КОДЫ).

## 9.2 Цели и задачи систем оперативно-коммерческого учета ГСМ

Комплексная автоматизация должна охватывать максимальное число объектов технологического цикла, чтобы обеспечить высокую централизацию контроля и управления.

Производственные процессы топливообеспечения являются общими для всех объектов топливозаправочных комплексов (ТЗК):

- приём ГСМ;
- отпуск топлива в ТЗ;
- УЧЕТ количества топлива при приёме, хранении и выдачи;
- контроль качества топлива;
- управление запорной аппаратурой, установленной на трубопроводах, с учетом противопожарной и экологической безопасности;
- оформление товарно-учетной, транспортной и бухгалтерской документации.

Автоматизировать необходимо следующие объекты склада ГСМ:

- резервуарные парки;
- внутри складские трубопроводы с запорной аппаратурой;
- насосные станции;
- сливные ж/д эстакады;
- узлы приёма топлива по трубопроводу;
- пункты выдачи авиатоплива в ТЗ.

Внедрение средств автоматизации позволит сократить расходы, связанные с переливами топлива, выходом из строя оборудования, смешения сортов. Оно позволит повысить качество управления складом ГСМ в целом, обеспечить оперативный и коммерческий учет ГСМ и позволит оперативно решать вопросы с внешними организациями (поставщиками и потребителями).

Рекомендуется четыре этапа внедрения средств автоматизации:

I Оснащение объектов ГСМ средствами механизации, с одновременной заменой устаревшего оборудования:

- оснащение резервуаров уровнемерами и топливоотборниками;
- установка электроздвижек на напорных и раздаточных патрубках;
- оборудование ж/д эстакады приборами нижнего слива топлива;
- оснащение пунктов налива ТЗ средствами автоматического отключения насосов при заполнении цистерн ТЗ, добавки в топливо присадок.

II Автоматизация отдельных производственных операций:

- дистанционного измерения уровня и температуры топлива в резервуарах;
- дистанционного управления электроздвижками и насосами.

III Комплексная автоматизация объектов ГСМ, позволяющая осуществлять управление из единого диспетчерского пункта.

IV Автоматическое выполнение товаро-учетных и счетно-бухгалтерских операций при сведении баланса и расчетов с поставщиками и потребителями.

Уровень автоматизации объектов склада ГСМ и технические характеристики отдельных средств автоматизации приводится в таблицах приложений 1 и 2 «Рекомендаций...»:

- слив из ж/д цистерн;
- приём топлива по трубопроводу;
- хранение, учет и перекачка топлива в резервуарных парках;



- насосные станции;
- пункты налива топлива в ТЗ.

В «Рекомендациях...» дана методика для расчета эффективности внедрения средств автоматизации и приводится числовой пример такого расчета. Общая экономия Сэ на издержках производства за год выражается в разности расходов до и после автоматизации и определяется по формуле (в рублях):

$$\mathbf{Cэ = (Cп + Cз + Cп.н.) - (Ca + Cэ.н + Cт.р.)}$$

где: Сп - экономия за счет сокращения потерь от испарений топлива при приёме, отпуске, хранении, т.к. сокращается время технологических циклов, что позволяет увеличить коэффициент заполнения емкостей и обеспечивает дополнительную резервуарную ёмкость;

Сз - экономия по фонду заработной платы, за счет снижения затрат труда и сокращения численного персонала сотрудников;

Сп.н.- экономия от внедрения автоматизации на пунктах налива ТЗ, т.к. уменьшается время простоя ТЗ, увеличивается их производительность и уменьшается необходимое количество машин и даже пунктов налива;

Са - увеличение амортизационных отчислений за счет внедрения новой техники;

Сэ.н.- увеличение расхода электроэнергии;

Ст.р.- увеличение расходов на текущий ремонт, за счет внедрения нового оборудования.

Экономическая эффективность (Э) дополнительных капитальных вложений на механизацию и автоматизацию объектов ГСМ с различным годовым расходом топлива определяется по формуле затрат:

$$\mathbf{Э = CЭ \times КП - E \times КДОП}$$

где: КП = 1,1 – коэффициент ожидаемого прироста расхода топлива;

E = 0,09 – нормативный коэффициент эффективности;

К – дополнительные капитальные затраты, необходимые для внедрения средств автоматизации.

Необходимо учитывать, что в ряде случаев, решение о применении средств автоматизации определяется не только экономическим эффектом, а следующими критериями:

- обеспечение БЕЗОПАСНОСТИ полётов за счет сохранения качества топлива;
- устранение возможности аварий, связанных с разливом топлива, его потерями, загрязнением окружающей среды (почвы, воды, воздуха), пожароопасностью;
- облегчение условий труда и обеспечение безопасности работы обслуживающего персонала.

### 9.3 Автоматизация жизнедеятельности ТЗК

Правильность решений, принимаемых органами управления топливо - заправочными компаниями аэрофлота (ТЗК), основывается на информации, получаемой путем измерений. Погрешности измерений оказывают большое влияние как на технологический процесс топливообеспечения (ТПТО) при приёме, хранении и выдаче нефтепродуктов (НП), так и на процессы планирования, регулирования, контроля, оперативного и коммерческого учета.

На предприятии ТЗК производят множество различных измерений и на их основе принимают конкретные решения, поэтому погрешности проводимых измерений должны быть известны. Разрабатывается научная методология технических измерений, учетных и контрольных операций с горюче-смазочными материалами (ГСМ), определяются основные направления метрологической деятельности.

Для оценки производственной деятельности отдельных подразделений ТЗК (сведение баланса между узлами учета ГСМ) в пределах предприятия производится оперативный учет, а при внешних операциях поставки - приёмки НП производится коммерческий учёт.

Использование информационных систем для управления ТЗК, позволило автоматизировать процессы управления и учета НП, минимизировать расхождения данных бухгалтерского (книжного) учета с данными, измеренными во время эксплуатации в узлах учета НП, и адаптироваться к рыночной конъюнктуре.

Применение автоматизированных информационно - вычислительных систем управления (АИВСУ) или интеллектуальных систем для топливо - обеспечивающих компаний позволяет:

- повысить эффективность управления ТЗК;
- улучшить делопроизводство;
- изменить характер труда сотрудников;
- обеспечить надежный учет и контроль поступлений;
- оперативно готовить сводные и аналитические отчеты;
- повысить эффективность обмена данными между отдельными подразделениями и аппаратом управления;
- обеспечить корректную отчетность по учету движения товарных потоков между собственниками товара и налоговыми органами.

Вопрос о точности учета ГСМ решен однозначно основополагающим документом: ГОСТ Р. 8. 595 – 2004.

Для обеспечения достоверности учета ГСМ предлагается определять значения дебалансов: определённого (фактического) и допустимого.

Определённый (фактический) дебаланс – это разница между фактическим остатком и расчетным (книжным) остатком.

Допустимый дебаланс, между расчетной (книжной) и измеренной

фактической массой НП в резервуаре на данный вид топлива, определяется как величина, равная 0,5% от массы остатка на период инвентаризации.

АСУ коммерческого учета НП непрерывно измеряет величину отклонения от бухгалтерского «эталопа» и с учетом знака этого отклонения корректирует данные в пределах допустимой погрешности измерений по массе ( $\pm 0,5\%$ ), минимизируя эти расхождения. Если разность с учетом норм естественной убыли НП становится меньше 0,4%, то принимаются данные бухгалтерского учета.

#### 9.4 Современные автоматизированные системы учета НП

Для определения направлений автоматизации коммерческого учета НП, рассмотрим достижения отечественной и зарубежной практики в этой области.

Аппаратно – программное построение системы должно быть надежным, иметь гарантии технического сопровождения, защищено от сбоев, зависаний и несанкционированного доступа, а так же должно быть сертифицировано соответствующими госструктурами.

Современные системы измерения и учета НП отличаются простотой в эксплуатации и обслуживании. Они автоматически замеряют уровень налива и подтоварной воды в резервуарах, плотность, давление и температуру ГСМ, а затем пересчитывают их в массу. Вся информация соответствует заявленной точности измерений, представляется в реальном масштабе времени и упрощает сведение баланса: приход – расход – транспортирование.

Большинство АСУ в резервуарах используют косвенный метод оценки массы НП и строятся на базе:

- поплавковых уровнемеров;
- следящих (электромеханических) уровнемеров;
- радарных уровнемеров;
- измерителей давления (гидростатические системы);
- интеллектуального кабеля с чувствительным элементом уровня (ёмкостные, индуктивные, с язычковыми выключателями, резистивные и магнитострикционные, имеющие поплавки с магнитом);
- гибридные системы (комбинация приборов измерения уровня и давления).

В целом при хранении НП в резервуарах разные типы систем косвенного определения массы от лучших производителей показывают соизмеримые результаты по точности измерения, количеству измеряемых параметров, качеству и надёжности.

При приёме, транспортировании или выдаче ГСМ применяются системы, реализующие объёмно-массовый динамический метод и прямое измерение массового расхода, основанные на измерении потока жидкости (объёмного или весового) с помощью счетчиков и расходомеров.

Счётчики делятся на два типа:

- объёмные или абсолютного вытеснения (поток жидкости разделяется на порции, которые подсчитываются);
- турбинные (или счетчики косвенного измерения), где величина объёма жидкости в потоке пропорциональна числу импульсов.

В последнее время для измерений массового расхода применяют вибрационные (кориолисовые) расходомеры, обеспечивающие непосредственное измерение массы потока. Эффект Кориолиса заключается в том, что на тело, движущееся с определённой линейной скоростью во вращающейся системе координат, действует сила инерции (кориолиса), пропорциональная скорости и массе. Поток жидкости пропускается через трубу U – образной формы, которая колеблется вокруг неподвижной оси под воздействием электромагнитов с определённой частотой. Измерение массового расхода сводится к измерению интервала времени между сигналами, выдаваемыми электромагнитными датчиками скорости. Конструкция прибора позволяет также измерять плотность жидкости.

К преимуществам массовых расходомеров относят:

- непосредственное измерение массы без использования плотномеров;
- большой динамический диапазон;
- независимость характеристик расходомера от свойств жидкости;
- отсутствие подвижных частей;
- возможность измерения плотности.

Характеристики расходомеров, выпускаемых как отечественными так и зарубежными фирмами, очень близки, поэтому выбор оборудования следует осуществлять исходя из экономической целесообразности.

Целесообразным представляется для организации коммерческого учета применить недорогой объёмный расходомер в комбинации с поточным плотномером и датчиками температуры и давления с цифровыми выходами.

Такой узел учёта по массе при аналогичной функциональности будет значительно дешевле в цене и удобнее при эксплуатации.

В настоящее время определился круг фирм, лидирующих в области систем налива/слива (АСН/С) автомобильных, железнодорожных цистерн и танкеров.

Из отечественных фирм ведущим производителем оборудования АСН/С является АООТ «Промприбор», г. Ливны.

В зависимости от требований потребителя каждый проект несёт в себе десятки видов разнообразного оборудования, объединённых в единую конструктивно законченную систему:

- автоматика поста налива автомобильных цистерн, включающая расходомер, газоотделитель, датчик температуры, клапан – отсекающий, предельный выключатель, сигнализатор предельного уровня и устройство заземления автоцистерны;

- автоматизированные системы налива/слива железнодорожных цистерн, оборудованные аналогично посту налива при использовании нижнего слива и дополненные вакуум насосом, если используется верхний слив;
- системы управления насосными станциями и запорной аппаратурой, строятся на базе контроллеров и выполняют следующие функции: программный пуск и останов насосов и задвижек, контроль исполнения команд управления, построение фактических маршрутов перекачки, контроль герметичности резервуаров и линий перекачки;
- системы с программным управлением для взвешивания автомобильных и железнодорожных цистерн.

## **9.5 Операционные системы в нефтепродуктообеспечении**

Развитие операционных систем (ОС) определяется бурным развитием вычислительной техники, линий связи, информационных систем и технологий.

ОС является программной надстройкой над архитектурой компьютера, которая управляет работой и ресурсами компьютера и обеспечивает удобный пользовательский интерфейс.

Принята следующая классификация ОС:

- локальные и сетевые (по особенностям алгоритмов управления ресурсами);
- однозадачные и многозадачные (по числу одновременно выполняемых задач);
- однопользовательские и многопользовательские с защитой от несанкционированного доступа;
- многонитевые, разделяющие процессорное время не между задачами, а между их отдельными ветвями – нитями;
- многопроцессорные (асимметричные, когда задача полностью выполняется одним процессором, и симметричные, использующие весь набор процессоров);
- ОС ориентированные на аппаратные средства: компьютеры, серверы, кластеры, контроллеры и т. п.;
- по особенностям областей использования: ОС пакетной обработки с максимальной пропускной способностью; ОС с разделением времени, когда каждому пользователю выделяется квант времени на одном сервере; ОС реального времени, когда ограничено время выполнения операции;
- по структурной организации и концепциям, положенным в основу;
- по способу построения ядра системы (монолитное ядро, работающее как одна программа, или микроядерный подход, когда каждое ядро выполняет только минимум функций по управлению аппаратурой);
- по объектно – ориентированному подходу;
- по наличию прикладных сред в рамках одной ОС;
- по распределению функций ОС среди компьютеров сети, что позволяет воспринимать сеть в виде однопроцессорного компьютера.

Обычно при выборе ОС построения интеллектуальных систем для ТЗК ориентируются на аппаратные средства, но в основном ОС входят в три группы: ОС семейства Windows, UNIX и MS DOS.

От ОС зависит стабильность и надёжность работы технологического процесса топливообеспечения в целом, и они же определяют стоимость эксплуатации информационной подсистемы.

1). ОС Windows существует в двух вариантах – для серверов и рабочих станций, что позволяет целенаправленным образом комплектовать информационную подсистему. Она широко распространена, хорошо адаптирована к аппаратным средствам, имеет низкую стоимость. Основным минусом этой системы можно считать высокую требовательность к аппаратным ресурсам и не достаточную стабильность, при выполнении специфических сервисных задач.

Тем не менее этот ряд ОС является предпочтительным, а среди его модификаций следует выбирать Windows XP – для рабочего места оператора и Windows 2003 Server – для сервера.

2). ОС, на базе UNIX. К ним относятся все ОС типа: SCO UNIX, Free BSD, Linux, Solaris, Mac OS, QNX Neutrino и множество других ОС различных производителей.

Эти системы стабильны и предсказуемы в работе, не требовательны к аппаратным ресурсам серверной части ПО, но налагают более высокие требования к персоналу и имеют ограниченную поддержку аппаратных средств. В ряду UNIX – подобных ОС трудно сделать однозначный выбор, но в практике чаще находят применение различные варианты ОС Linux и Free BSD.

3). ОС низкого уровня – MS-DOS не имеют встроенного графического интерфейса, снабжены сильно урезанными функциями управления аппаратными средствами, но позволяют самостоятельно писать пользовательские программы и аппаратные драйверы. Эти ОС позволяют реализовать сложные комплексные задачи на низкопроизводительных аппаратных средствах. Здесь выбор конкретной ОС принципиального значения не имеет.

Критерии, позволяющие выбрать ту или иную подсистему для каждого конкретного узла подсистемы (1 - 2 - 3), в порядке убывания предпочтительности:

- стабильность и надёжность работы (2 – 3 – 1));
- работа в режиме реального времени (3 – 2 – 1);
- планируемые затраты на ПО в целом (1 – 2 – 3);
- время на разработку информационной подсистемы (1 – 2 – 3);
- затраты на аппаратную основу данного узла (3 – 2 – 1);
- затраты на эксплуатацию информационной подсистемы (1 – 3 – 2);
- затраты на модернизацию/адаптацию программной части (1 – 2 – 3);
- затраты на ремонт/модернизацию аппаратной части (1 – 2 – 3);

Для интеллектуальных систем топливообеспечения можно

рекомендовать:

- ОС - 1 использовать на рабочем месте оператора автоматизированного рабочего места (АРМ), особенно в случае использования нескольких АРМ-ов;
- ОС - 2 устанавливается на сервере, особенно сильно нагруженном;
- ОС – 3 применяется в компьютерах для связи с датчиками и контролерами, а так же в промышленных машинах при установке их вне аппаратной комнаты.

Так же существует ряд ОС, которые в явном виде не могут быть отнесены ни к одной из указанных выше групп, но их применение достаточно ограничено.

## **9.6 Технология измерений НП**

Современная автоматизированная система топливообеспечения аэропорта – это многофункциональная и многоуровневая система, позволяющая получать и обрабатывать качественную, количественную, техническую и финансовую информацию, а на их базе оперативно принимать управленческие решения.

Утрата непрерывного контроля состояния всех систем технологического цикла, обеспечивающих приём, перекачку, хранение, контроль качества и вычисление объёма/массы НП, а так же сведение баланса оперативного (измеренного) и коммерческого (бухгалтерского) учета в реальном масштабе времени, приводит к потерям экологического и делового характера.

Современные аппаратно программные средства информационно – вычислительных систем позволяют создавать:

- надёжные и точные интеллектуальные средства измерения НП;
- автоматизированные системы контроля и управления оборудованием;
- оперативно готовить отчетную документацию по требуемой форме.

Интеллектуальные системы топливообеспечения в автоматическом режиме могут измерять и оценивать:

- массу принятого, хранящегося и отпущенного НП;
- точность работы измерительной аппаратуры;
- исправность оборудования и точность калибровки резервуаров;
- в реальном масштабе времени производить сведение баланса с заданной точностью.

Учетно – расчетные операции, сопровождающие технологический процесс, требуют создания компьютерного ядра автоматизированной системы, включающего базы данных и автоматизированные рабочие места (АРМ). Это ядро обеспечивает обработку информации, её накопление, подготовку, хранение и печать отчетных документов.

В общем случае многопользовательский рассредоточенный информационно – компьютерный комплекс ТЗК строится на базе локальной вычислительной сети.

Современные автоматизированные системы учета НП отличаются простотой в эксплуатации и обслуживании, имеют логичный и понятный интерфейс пользователя. В практике ТЗК, в соответствии с Федеральным законом «О бухгалтерском учете», ведется строгий учёт количества НП и непрерывный контроль его качества с привязкой к поставщику товара (фиксируется ИНН). Это является гарантией качества НП и позволяет определить виновника появления в системе топливообеспечения некачественной продукции.

## 9.7 Комплексные АСУ предприятия ТО

Комплексное внедрение систем автоматизации топливообеспечения аэропорта охватывает следующие области.

- Управление ТП и всей финансово - хозяйственной деятельностью предприятия ТЗК. Такая единая система позволяет строить управление в соответствии с главным критерием – рентабельностью производства.

- Создание единого информационного обеспечения и единой базы данных. Единое информационное пространство обеспечивает доступ с любого рабочего места ко всем видам данных. Информация становится доступной всем заинтересованным службам и отделам.

- Установку современных информационно – вычислительных комплексов и телекоммуникационных систем. Этого требует распределённый характер и сетевая структура средств управления, а так же сложность технологических и бизнес – процессов.

- Выбор программного обеспечения, обеспечивающее эффективное управление предприятием. Оно должно соответствовать мировым стандартам, содержать прикладные системы, ориентироваться на подсистемы сервисного обслуживания и администрирования, использовать корпоративные и глобальные сети.

Такую комплексную автоматизацию для предприятий нефтепродуктообеспечения проводят отечественные и зарубежные разработчики и производители оборудования для ТЗК.

Так например, холдинговая компания ЗАО НТЦ ИИТ г. Королёв, создаёт специализированное аппаратно-программное обеспечение для ТЗК «под ключ» с учетом требований заказчика.

Типовая конфигурация их системы коммерческого учета светлых и тёмных нефтепродуктов УИП – 9602МТ (Патент 2239464 С2) – это гибридная система, построенная на основе дискретно – непрерывного уровнемера НП и подтоварной воды (льда), восьми автономных каналов измерения температуры, четырёх каналов измерения гидростатического давления на разных уровнях НП и канала измерения давления паров над НП.

Типовая конфигурация системы УИП – 9602МТ обеспечивает:

- Измерение уровня НП и подтоварной воды от дна резервуара (+/- 1мм);



- Установку системы как в пустой, так и наполненный резервуар;
- Измерение плотности по слоям НП (+/- 1,5кг/м куб);
- Измерение температуры НП (+/- 0,5 град.);
- Непрерывный контроль температуры и давления газового пространства резервуара;
- Обнаружение утечек (по массе) НП из резервуара;
- Автоматическая диагностика и калибровка составных узлов и всей системы в целом в процессе штатной эксплуатации;
- Коммерческая точность измерения массы продукта (+/- 0,4%).

Система УИП – 9602МТ представляет собой металлическую штангу из алюминия, на которую монтируются все датчики, включая сигналы предельного уровня. Так как система развязана относительно крыши резервуара, то при её монтаже не требуется вывода резервуара из эксплуатации. Датчики системы объединяются при помощи стандартного протокола (RS - 485). Информация о количественных параметрах продуктов и состоянии системы предоставляется оператору в наглядном виде на дисплее ПЭВМ. Оператор в реальном масштабе времени наблюдает за измеряемыми параметрами: массой, уровнем, приведенным объёмом продукта; послойной и средней плотностью; точечной и средней температурой; уровнем подтоварной воды или льда; давлением и температурой в газовом пространстве резервуара.

Принцип действия датчика уровня основан на изменении электрической ёмкости конденсаторов датчика по мере их заполнения НП и преобразовании этих изменений в электрический сигнал.

В датчике плотности вырабатывается электрический сигнал, амплитуда которого пропорциональна выталкивающей силе, действующей на поплавков, погруженный в НП.

Для измерения температуры используется один из двух принципов:

- измерение изменения величины сопротивления от температуры платиновых датчиков типа ТС – 4М (16шт.);
- цифровые датчики температуры типа ТС – 4 (до 8шт.), основанные на измерении разности частот температурно-зависимого и опорного генератора, собранных в одном корпусе чувствительного элемента.

Вся информация с блока первичных преобразователей (БПП) поступает в блок преобразований (БПР), где кодируется и через блок коммутации (БК) подаётся на один из входов блока сопряжения (БС) с ПЭВМ, где в соответствии с ГОСТ Р 8.595 по результатам измерений уровня, плотности, температуры НП и с использованием градуировочных таблиц, производится расчёт массы НП, хранящихся в резервуарах.

В соответствии с существующим порядком проведения учетных операций приёма, хранения и отпуска НП, система обеспечивает учёт НП по массе – в кг, ведётся учёт в реальном масштабе времени, в соответствии с требованиями государственного метрологического контроля и надзора, что подтверждается сертификатом на средства измерения,

зарегистрированном в Государственном реестре под № 23792 – 02, согласно ПР 50.2.009 - 94.

Система УИП - 9602МТ формирует первичные документы для бухгалтерского учёта, причём определение массы НП производится с учётом нормированных погрешностей методов измерений и естественной убыли. Все операции по учёту товарных потоков при приёме, хранении и отпуску НП фиксируются в базе данных автоматизированной системы коммерческого учета с целью контроля руководителем предприятия.

В состав комплекса входят узлы учёта АРМ – операторов:

- налива и перекачки;
- приёма и хранения;
- лимитной группы и выдачи НП;
- управления тех. процессами и расчёта фактической массы НП.

Оператор в случае необходимости может вмешиваться в ход процесса. Структура принятия решения оператором является общей моделью оптимального управления, включающей наблюдение, оценку ситуации, выбор и исполнение процедур. Поэтому программное обеспечение интегрированной системы, кроме обеспечения учетно – бухгалтерских операций должно выполнять и управленческие функции.

Специализированное программное обеспечение управлением ресурсами и отчётностью предприятия обеспечивает:

- простой и удобный интерфейс работы с информацией;
- мощные средства отображения с разным уровнем детализации;
- возможность моделирования «что если»;
- функции календарного планирования при ограниченных ресурсах,

что является первым шагом к упорядочению всех бизнес – процессов на предприятии топливообеспечения.

Среди отечественных измерительных систем наиболее известны:

«САОН – система», «Альбатрос», «Струна», «Игла», «Торнадо» и д.р., а среди зарубежных фирм: «M+F», «MTS System», «Saab», «Enraf», “Fisher Rosemount”, “Emerson”, “Foxboro”, “Honeywell”, “Krohne Oil”.

### **9.8 Состав и назначение автоматизированных информационно – управляющих систем (АИУС) оперативного и коммерческого учета товарных и финансовых потоков**

АИУС крупной ТЗК строится по модульному принципу и базируется на технологии локальных вычислительных сетей (ЛВС) с открытой архитектурой.

Вся деятельность системы рассматривается как множество связанных между собой отдельных подсистем (узлов учета), отражающих специфику составляющих технологического процесса топливообеспечения.

В общем случае ИУС выполняет следующие функции:

- управление оборудованием в процессе приёма, отпуска и хранения НП;

- выполнение команд оператора АРМ;
- выявление и локализация аварийных ситуаций;
- формирование команд и сообщений при выходе параметра за пределы допуска;
- индикация и регистрация измеряемых параметров;
- самодиагностика комплекса и его составных частей;
- автоматическая градуировка резервуаров, юстировка датчиков и расходомеров;
- оформление первичных документов оперативного (фактического), коммерческого (бухгалтерского) и налогового учёта;
- программное обеспечение, обмен информацией и сигналы датчиков должны соответствовать действующим стандартам, протоколам и соглашениям;
- должна легко модернизироваться и оснащаться новой аппаратурой.

Построение подсистем управления и всей АСКУ – НП на основе стандартных модулей позволяет оптимизировать стоимость аппаратуры и программ.

Анализ зарубежных и отечественных систем позволяет выявить следующие тенденции:

- все технологические операции, такие как: приём, перекачка, хранение, выдача, измерение, контроль, управление, защита информации от несанкционированного доступа и т.п., выполняются автоматически;
- уменьшается численность персонала и меняется характер его труда;
- наметился переход к безбумажной технологии в учетной, бухгалтерской и финансовой деятельности ТЗК, а также к исключению «человеческого фактора»;
- непосредственный обмен информацией между узлами учёта и с верхним уровнем управления, повышает оперативность принимаемых решений;
- предусматриваются все виды самоконтроля (средств измерений и контроля, характеристик измерительных каналов, градуировочных таблиц резервуаров и трубопроводов, контроля качества НП и т.п.);
- осуществляется регистрация действий персонала по выдаче управляющих команд;
- обеспечивается точный и объективный учёт товарных и денежных потоков с автоматическим оформлением налоговых документов.

Количественный учёт НП при приёме, хранении, отпуске и учёте НП производится в единицах МАССЫ, с учётом естественной убыли и погрешностей методов и средств измерений. Погрешности измерений при реализации методов измерений не должны превышать пределов, установленных ГОСТ Р 8.595.

Применяют следующие методы измерений:

- прямые (статические и динамические);
- косвенные (гидростатические);
- косвенные методы статических и динамических измерений.

Но это лишь механизм для повышения эффективности управления, принятия правильных стратегических и тактических решений на основе своевременной и достоверной информации, выдаваемой измерительной системой.

По общему признанию единственное, что различает интеллектуальные системы управления предприятием, это задачи решаемые системой и заложенных в эту систему управленческих функций.

Фактически ни одна из российских систем не поддерживает управление процессом планирования, к которому относятся моделирование и сравнение различных вариантов производственных планов по критериям ресурсной и финансовой реализуемости. Они не поддерживают и процесс выработки решений при отклонениях, когда система формирует пространство для выработки управленческого решения (снять или изменить заказ, перераспределить ресурсы и т.п.).

Разработчикам ПО надо более четко обозначить свой круг интересов по отраслям и масштабам бизнеса в области авиа топливообеспечения, особенно когда меняется собственник нефтепродукта.

Методы измерений являются равно законными и выбираются на основе оценки их точности применительно к данной технологической операции с учетом рекомендаций, приведенных в стандартах и экономической целесообразностью.

Порядок учёта НП.

- При приёме, поступивших ж/д транспортом.
- При приёме, поступивших автомобильным транспортом.
- При приёме, поступивших по трубопроводу.
- При приёме, поступивших водным транспортом.
- При наливе в автомобильные цистерны.
- При наливе в ж/д цистерны.
- При наливе в водный транспорт.
- При хранении в резервуарах.
- При заправке ВС.

При разработке типовой АСКУ НП анализ надежности системы в реализации её функций проводят по ГОСТ 24.701-86 для каждой подсистемы отдельно, при этом считают достаточным обеспечение:

- бесперебойного функционирования системы 24 часа в сутки;
- разграничения прав доступа;
- стандартных и/или специальных средств защиты информации;
- сохранения работоспособности системы при выходе из строя одного из устройств.

## 9.9 Автоматизированные обучающие системы

В современных условиях интенсивного технологического прогресса подготовка квалифицированного персонала, обеспечивающего работу сложных комплексов, требует применения обучающих систем с компьютерным моделированием реальных производственно-технологических ситуаций.

Процесс создания модели объекта обучения опирается на описание реального объекта в виде преобразователя входных переменных в выходные, абстрагируясь от внутренних процессов, мало влияющих на структуру модели.

Требуемое подобие объекта и модели достигается при обеспечении их количественного, качественного и временного соответствия в характерных ситуациях управления технологическим процессом.

Обучение охватывает инструментальную, методическую и оценочную процедуры, а так же предусматривает тренировочные упражнения, инструкции и механизмы организации обучающего процесса.

Одним из основных методических положений, является обеспечение полного подобия рабочего места обучаемого реальному рабочему месту оператора АРМ, причём последовательность действий обучаемого должна быть аналогична действиям реального оператора.

Информационная модель объекта позволит наблюдать всю совокупность узлов (АРМ) ТП, планировать оптимальные режимы работы, координировать деятельность персонала.

При разработке компьютерных обучающих программ следует учитывать ряд аспектов:

- возможность модификации и накопления информации;
- применение визуально – графического интерфейса;
- выработка профессионально – ориентированных навыков;
- введение формы самообучения (без инструктора);
- интерактивное обучение с использованием диалога и ситуационно модулируемых заданий, создание игровых ситуаций для принятия решений.

## 9.10 Законодательная база

Полномасштабная реализация учёта НП на ТЗК возможна только при поддержке исполнительной власти и создании соответствующей законодательной базы оборота НП.

Анализ законодательства в вопросах контроля, учёта и анализа состояния добычи, транспортировки и использования НП выявил нестыковки и противоречия:

1. всем организациям нефтяного бизнеса разрешено оформлять и трактовать первичные документы в свою пользу, а на их основании ведется бухгалтерский учёт;

2. добыча полезного ископаемого (нефти) определяется количественно самим предпринимателем без присутствия представителя государства, что позволяет нефтяным компаниям уклоняться от уплаты налогов и иметь неучтённый НП;
3. кассовая техника при осуществлении денежных расчётов позволяет легализовать средства, добытые незаконным путём; По экспертным оценкам НП транспортируется на 20 млн. т в год больше, чем добывается.

Таким образом, применение современных автоматизированных систем коммерческого учёта НП позволит государству прогнозировать налоговые поступления и осуществлять контроль за оборотом ГСМ.

## **10 Унифицированная система управления процессами топливообеспечения аэропорта**

Бурное развитие техники и технологии в области построения рассредоточенных систем привело к созданию большого количества полевых приборов (датчиков), средств сбора, обработки и передачи информации, применения вычислительных и программных средств, что ведёт к специализации производителей. Поэтому требуется дальнейшая научная проработка принципов построения интегральных систем топливообеспечения воздушных перевозок в ГА и практические рекомендации для разработки унифицированных аппаратных и программных средств для них.

Для этого МГТУ ГА совместно с ассоциацией «АЭРОПОРТ» на территории университета проводит международную выставку-конференцию с привлечением ведущих специалистов в области разработки интеллектуальных систем жизнеобеспечения ТЗК аэропортов с целью обмена опытом и решения актуальных вопросов их внедрения и эксплуатации.

### **10.1 Математическое моделирование замкнутых систем массового обслуживания в ТЗК.**

Рассредоточенные системы жизнеобеспечения ТЗК состоят из автоматизированных рабочих мест (АРМов) операторов, решающих определённые технологические задачи топливообеспечения ВС ГА. Они же являются узлами учёта ГСМ при приёме, транспортировании, хранении, а так же бухгалтерской (лимитной) и административной группами, которые объединены в единую многоуровневую вычислительную сеть и в реальном масштабе времени осуществляют измерения физических параметров НП, управление технологическими процессами и документооборотом. Эта система имеет сотни входов, десятки выходов и массу преобразователей как линейных так и

дискретных. Все они объединяются в измерительные или исполнительные каналы, имеющие статические и динамические характеристики, подверженные влиянию внутренних и внешних возмущений и влияющие друг на друга и на точность выполнения поставленной перед всей системой задачи.

Отработка столь сложной системы и её элементов во временной, частотной и пространственной (состояние исполнительных устройств) области в реальных условиях задача сложная и дорого стоящая.

При замене элементов системы или программного обеспечения испытания следует повторять. Аттестовать систему, перепроверять калибровку измерителей и градуировку резервуаров желательно производить с использованием математических моделей каналов или всей системы в целом.

### **10.2 Выработка критериев эффективности функционирования единой аппаратно-программной системы, минимизирующей потери ГСМ и приносящей максимальный доход компании.**

Существующие автоматизированные системы топливообеспечения ВС ГА окупаются за 2-3года за счет экономии топлива, уменьшения трудозатрат, повышение качества учёта и точности измерения.

Так как в каждый момент времени информация доступна всем участникам сети, то каждый АРМ (узел учёта), работая в пределах своих допусков, может остаток ГСМ в цепочке «приём – хранение – выдача» свести к «нулю» или к 0,05% (вместо допустимых 0,5%).

### **10.3 Разработка рекомендаций по построению унифицированных систем, их контролю и повышению надежности в эксплуатации.**

Стремление разработчиков автоматизированных систем топливообеспечения ВС ГА уже сейчас приводят к созданию унифицированных аппаратно – программных модулей с однотипными конструктивными, информационными и эксплуатационными характеристиками, которые конечно должны быть стандартизованы.

Если все элементы системы будут соответствовать требованиям нормативной и конструкторской документации, то система сможет выполнить возложенные на неё функции и может быть признана работоспособной. Но чтобы система была надёжной она должна удовлетворять целой совокупности частных требований: безотказности, ремонтпригодности, сохраняемости, долговечности. Но это все качественные характеристики, а требуется найти количественный показатель надёжности.

Таким показателем называют вероятность того, что система будет работоспособна в течении заданного времени при заданных условиях эксплуатации.

## Литература

- 1 Инструкция о порядке поступления, хранения, отпуска и учета нефти и нефтепродуктов на нефтебазах, наливных пунктах и автозаправочных станциях.
- 2 Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. 1999г.
- 3 ВППБ 01 – 01 – 94. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий нефтепродуктообеспечения.
- 4 Метрологическое обеспечение испытаний продукции для целей подтверждения соответствия. ГОСТ Р 51672 – 2000 с учётом поправок 2002 и 2003 годов.
- 5 Государственная система обеспечения единства измерений. ГОСТ Р 8.568 – 97.
- 6 Е.И. Зоря, А.Г. Годнев, А.Е. Никулин  
«Приём НП от поставщиков по количеству и качеству» 2006г.
- 7 А.Г. Годнев и др. «Коммерческий учёт потоков НП автоматизированными системами» 2008г.
- 8 Г.Н. Черкесов «Надёжность аппаратно-программных комплексов» 2005г.
- 9 К.К. Ким «Метрология, стандартизация, сертификация и измерительная техника» 2006г.
- 10 Ю. Н. Пирогов «Математическое моделирование процессов функционирования объектов и технических средств обеспечения горючим» Москва 2006г.
- 11 Федеральный закон «О ТЕХНИЧЕСКОМ РЕГУЛИРОВАНИИ» от 27 декабря 2002г. № 184-ФЗ.
- 12 В.П. Леонтьев «Новейшая энциклопедия персонального компьютера» 2003г. Москва «ОЛМА - ПРЕСС».
- 13 Джеймс Ф. Куроуз, Кит В. Росс «Компьютерные сети. Многоуровневая архитектура Интернета», 2-е издание, ПИТЕР, 2004г.
- 14 Джон Парк, Стив Маккей «Сбор данных в системах контроля и управления», практическое руководство», ООО «Группа ИТД», Москва, 2006г.
- 15 Джон Парк, Стив Маккей «Передача данных в системах контроля и управления», практическое руководство», ООО «Группа ИТД», Москва, 2006г.