

**Факторы, влияющие  
на надежность  
аппаратно-  
программного  
комплекса**

---

## Общие сведения

Все факторы, влияющие на надежность АПК, можно разделить на три группы:

### Конструктивные

- факторы, способные еще на этапе проектирования и конструирования определить условия возникновения последующих отказов аппаратуры и ПО.

### Производственные

- факторы, возникающие в процессе изготовления АПК и воздействующие на его надежность.

### Эксплуатационные

- внешние воздействующие факторы (ВВФ) и мероприятия, проводимые при техническом обслуживании (ТО) аппаратуры.

В зависимости от характера воздействия на изделия все возможные ВВФ делят на шесть классов:

- механические факторы;
- климатические и другие природные факторы;
- радиационные факторы;
- термические факторы;
- ВВФ электромагнитных полей;
- ВВФ специальных, в том числе агрессивных,

# КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

---

# Климатические факторы

Среди климатических факторов можно выделить девять групп:

атмосферное давление

температура

окружающая среда

влажность воздуха или других газов

атмосферные осадки

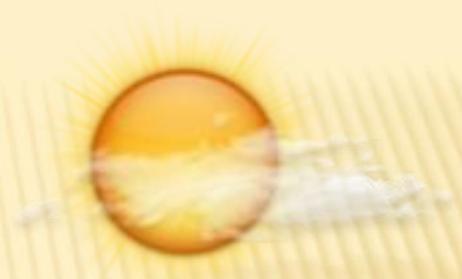
пыль и песок

солнечное излучение (инсоляция)

поток воздуха и других газов

среда с коррозионно-активными агентами, в том числе биологическая среда, ледово-грунтовая среда

# Характеристика влияния климатических факторов



## Воздействие тепла и холода

Различают три вида тепловых воздействий

### непрерывное

- имеет место при эксплуатации изделий в стационарных помещениях

### периодическое

- На большинство типов изделий наземной, корабельной и авиационной техники оказывается периодическое тепловое воздействие. Оно возникает при повторно-кратковременном включении под нагрузку, при резких колебаниях условий эксплуатации (взлет, полет, посадка), при суточных изменениях внешней температуры

### апериодическое

- наблюдается в процессе работы изделий ракетной техники и космических аппаратов — в моменты запуска и вхождения в плотные слои атмосферы



## Воздействие влаги



Повышенная влажность может вызвать:

- изменение поверхностного или объемного сопротивления изоляции,
- снижение электрической прочности материалов,
- накопление и миграцию объемных зарядов в биполярных полупроводниковых ИМС- и МОП-структурах;
- изменение физических свойств материалов, их плотности, температуры плавления,
- изменение размеров и коробление отдельных деталей;
- ускоренное старение,
- окисление и коррозию материалов,
- снижение стойкости к поражению грибком,
- повышение интенсивности износа покрытий, изоляции, деталей и пр.;
- увеличение удельных электрических потерь в материалах и изделиях.

Увлажнение материалов повышает скорость протекания коррозионных процессов согласно уравнению:

$$\frac{dx}{dy} = C_p k_p \exp\left(\frac{-E_k}{RT}\right)$$

## Воздействие солнечных лучей



Повреждения материалов под воздействием солнечных лучей можно разделить на **фотолитические** и **фотоокислительные**.

Фотолитические процессы возникают на частоте облучения, когда энергии фотонов достаточно для разрыва межмолекулярных связей.

Одновременное воздействие кислорода и влаги создает — посредством фотоокислительных процессов — дополнительное количество энергии. При ультрафиолетовом облучении поверхность металлов активизируется и подвергается опасности коррозии. Энергии ультрафиолетового облучения достаточно для того, чтобы расщепить сильные химические связи между углеродом и водородом. Вследствие этого, полиэтилен, этилцеллюлоза, лаки, краски становятся хрупкими, теряют прочность, что в конечном счете приводит к отказу изделия.

# Атмосферное давление



Наземная техника должна сохранять надежность и заданные эксплуатационные характеристики при изменении атмосферного давления в пределах от 505 до 1080 гПа.

**Верхний предел** соответствует давлению на уровне моря.

**Нижний** — давлению, рассчитанному для максимальной высоты (4,6 км), на которой возможны эксплуатация, хранение, перевозка техники.

## Воздействие песка и пыли

- Действие песка и пыли ухудшает внешний вид изделий.
- Частицы пыли и песка попадают в смазочные материалы и прилипают к слоям защиты поверхностей. В результате наблюдается заедание или увеличение «мертвого хода» в подшипниках.
- спекшаяся пыль благоприятствует накоплению электропроводной влаги и снижает сопротивление изоляции. Осаждение пыли облегчает появление токов утечки у твердых изоляционных материалов.
- Характерное повреждение, вызываемое пылью, — это плохая работа контактов. Около 40% всех повреждений техники происходят из-за недостаточно хорошей работы контактов.

## Воздействие биологических факторов

Наиболее опасным среди биологических факторов является воздействие плесневых грибов на изоляционные материалы на органической основе (гетинакс, прессшпан, текстолит, вулканизированная фибра и др.).

Под действием плесневых грибов уменьшается механическая прочность материалов и изделий из них.

Плесневые грибы чаще всего появляются на приборах, хранящихся в запыленных помещениях.

## Воздействие ветра и гололеда



На техническое изделие, расположенное вне помещений, действуют ветер и обледенение. При обледенении увеличиваются размеры и масса изделий, что приводит к возрастанию аэродинамических и механических нагрузок.



# Классификация климатических районов

Всего выделяют четыре макроклиматических района (МКР):



# Классификация климатического исполнения изделий по типу помещений

Выделяют 5 категорий изделий для работы в помещениях разных типов:

изделия, предназначенные для работы вне помещений, на открытом воздухе;

изделия, предназначенные для работы в помещениях;

изделия, предназначенные для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией;

изделия, предназначенные для работы в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями;

изделия, предназначенные для работы в помещениях с повышенной влажностью (например, в невентилируемых подземных помещениях).

## Защита изделий от климатических воздействий

Защита изделий может проводиться в двух направлениях:

- выбор высококачественных комплектующих
- применение специальных средств защиты.

Защита от воздействия влажностно-теплового комплекса:

- использование герметичных кожухов
- защиты металлических элементов от коррозии (электрическая изоляция, уменьшением агрессивного воздействия коррозионной среды, шлифование поверхностей, анодное покрытие, лакокрасочное покрытие)
- защиты изделий от воздействия плесневых грибов (применение специальных ядов в качестве фунгисидов)

# УДАРНО-ВИБРАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ

---

# Ударно-вибрационные факторы

Вибрационные нагрузки подразделяются на неслучайные и случайные. Неслучайные нагрузки, в свою очередь, бывают периодическими и непериодическими, а случайные — стационарными или нестационарными.

Вибрационные нагрузки

```
graph TD; A[Вибрационные нагрузки] --> B[неслучайные]; A --> C[случайные]; B --> D[периодическими]; B --> E[непериодическими]; C --> F[стационарными]; C --> G[нестационарными];
```

неслучайные

случайные

периодическими

непериодическими

стационарными

нестационарными

# Характеристика вибрационных факторов

Реальные вибрации представляют собой некоторые классические формы:





По форме удара  
различают:

прямоугольную

синусоидальную

косинусоидальную

пилообразную

сложные ударные нагрузки

Характеристики ударно-вибрационных факторов определяют с учетом классификации изделий по условиям эксплуатации.

По этому признаку все разнообразие технических изделий можно разделить на пять классов:

- наземная техника
- морская (корабельная) техника
- бортовая авиационная техника
- ракетная техника
- космическая техника

Все объекты наземной техники можно разделить на:

- стационарные,
- Подвижные
  - на колесном ходу
  - на гусеничном ходу
- носимые

## Последствия воздействий механических нагрузок

Различают два механизма влияния механических нагрузок на надежность изделий.

Механизм первого типа характеризуется отсутствием накопления нарушений. В каждый момент времени определенный параметр является функцией текущего состояния изделия и не зависит от предыстории его функционирования.

Основным признаком механизма второго типа является существование эффекта накопления нарушений, например, накопление усталостных повреждений в конструкции изделия.

## Защита изделий от воздействия механических нагрузок

Для защиты изделий от воздействия механических нагрузок широко применяют специальные виброизолирующие устройства — виброизоляторы, устанавливаемые между изделием и вибрирующей опорой.

По характеру защиты от приложенных внешних нагрузок различают активную и пассивную изоляции.

Различают виброзащиту при эксплуатации и при транспортировании.

# ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

---

# Профилактическое обслуживание

---

представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предупреждение ее отказов и продление сроков службы.

Принципы назначения сроков проведения профилактического обслуживания:

- регламентный
- календарный
- комбинированный

Режимы профилактики:

- плановый
- неплановый
- смешанный

# Виды профилактических работ

Этап 1

- Профилактика обесточенной аппаратуры

Этап 2

- Испытание узлов и блоков аппаратуры под током

Этап 3

- Подготовка аппаратуры к работе

# Характеристики профилактического обслуживания

Характеристики профилактических работ:

- сроки проведения профилактик
- начальные значения параметров
- глубина контроля
- потребное число обслуживающего персонала
- продолжительность проведения профилактик
- стоимость профилактического обслуживания и т.д.

# Оценка эффективности профилактического обслуживания

- **Эффективность профилактики  $\mathcal{E}_H$**  оценивается как отношения средних значений наработки до отказа изделия после профилактики и до профилактики
- **Коэффициент эффективности профилактики  $K_H$**  как отношение среднего числа выявленных неисправностей к среднему числу всех неисправностей
- **Экономический показатель** – средняя удельная прибыль, средние удельные

ТРЕНИРОВКИ,  
ОТРАБОТОЧНЫЕ И  
ПРЕДПУСКОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

---

# Тренировки (тренировочные испытания)

предназначены для выявления недостатков разработки и дефектов производства изделия.

При наличии дефектов производства или внеплановых деградационных процессах тренировочные испытания позволяют определять слабые элементы и за счет эффекта приработки снижать интенсивность отказов в процессе эксплуатации.

К тренировочным испытаниям сложных изделий могут быть приравнены утяжеленные (форсированные) испытания на работоспособность при неблагоприятных сочетаниях внешних и внутренних действующих факторов.

# Исследовательские (отработочные)

## испытания

Все испытания, проводимые в соответствии с конструкторской документацией в процессе экспериментальной отработки опытного образца изделия .

Эти испытания по конечным целям делятся на:

- автономные – выявление и устранение ненадежных изделий, недопустимых режимов работы, определение границ работоспособности, оценка соответствия требованиям технического задания.
- комплексные – проверка взаимного функционирования составных частей изделия, отработанных при автономных испытаниях, в близких к реальным условиям с одновременной имитацией различных воздействующих факторов.

# Предпусковые испытания

относят к классу функциональных и проводят перед сдачей изделия в эксплуатацию, после каждого внесения изменений в конструкторскую документацию и состав изделия, после восстановления работоспособности, выполнения профилактических работ.

Кроме задачи качественной оценки может выполнять количественная оценка показателя эффективности системы, а также характеристик элементов и системы в целом, влияющих на его значение.

# КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

---

# Качество продукции

- это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворить определенным потребностям в соответствии с ее назначением.

Качество характеризуется отсутствием или наличием дефектов. Продукция, не имеющая дефектов, называется **годной**. Изделие, имеющее хотя бы один дефект, называют **дефектным**.

Под качеством понимается начальное состояние пригодности продукции, а под надежностью — устойчивость основных СВОЙСТВ качества во времени.

# УРОВЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

---

# Автоматизация проектирования

---

Позволяет решить следующие задачи:

- Существенно снизить количество проектных ошибок
- повысить качество конструкторской и технологической документации
- создать условия для многократного проектирования и выбора лучшего варианта
- сократить сроки проектирования

# ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ ПО

---

# Факторы надежности ПО

- технология разработки, в том числе технология программирования.
- структурная упорядоченность программ и данных, структурированность ПО и иерархичность в структурной схеме, стандартизация структуры единиц ПО и переменных.
- уровень автоматизации проектирования и испытаний.
- выбор способов и критериев отладки
- создание инструментальной среды наиболее близкой к реальной.
- организационно-человеческие факторы

# КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

1. Перечислите основные факторы влияющие на надежность аппаратуры?
2. Каковы особенности действия климатических факторов?
3. В чем состоят особенности действия ударно-вибрационных факторов?
4. Дайте классификацию методов профилактики, видов профилактических работ.
5. Перечислите основные факторы, влияющие на надежность программного обеспечения.