



Дисциплина

«Эксплуатация вооружения, военной и специальной техники»



**Кафедра Космических войск
ВУЦ при МАИ**





Тема 1

«Содержание технической эксплуатации
и войскового ремонта вооружения, военной
и специальной техники»

Лекция 5

«Надежность вооружения, военной
и специальной техники»



Цели занятия:

1. Рассмотреть свойство «надёжность» ВВСТ и составляющие свойства «надёжность» ВВСТ.
2. Сформировать теоретические знания об основных методах повышения надёжности на стадиях жизненного цикла ВВСТ.



Учебные вопросы:

1. Надежность вооружения, военной и специальной техники и её свойства.
2. Методы повышения надежности.



Литература:

1. **Коробовский, А. В.** Содержание технической эксплуатации систем и комплексов. – Москва : Издательство «Ким Л.А.», 2020. – 96 с. – Текст непосредственный.
2. Эксплуатация космических средств : теория и практика в 2-х частях. Часть 2. Эксплуатационное качество космических средств. Организация эксплуатации космических средств / Л. Т. Баранов, В. Л. Гузенко, А. В. Клепов, А. П. Ковалев, [и др.]; утверждено в качестве учебника для вузов. – Санкт-Петербург : ВКА имени А. Ф. Можайского, 2003. – Текст непосредственный.



Учебный вопрос 1

**Надежность вооружения, военной
и специальной техники и её свойства**

Совокупность эксплуатационных свойств ТСиК



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТСиК

КАЧЕСТВО ТСиК

СОВОКУПНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТСиК

Совместимость
(compatibility)

Экономичность
(efficiency)

Стойкость
(withstandability)

Надежность
(dependability)

Безопасность
(safety)

Живучесть
(survivability)

Эксплуатационная
технологичность
(maintainability)

Эргономичность
(usability)

СВОЙСТВА НАДЕЖНОСТИ

Безотказность
(reliability)

Ремонтпригодность
(maintainability)

Восстанавливаемость
(recoverability)

Долговечность
(durability)

Сохраняемость
(storability)

Готовность
(availability)

ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

Единичные
(simple dependability)

Комплексные
(integrated dependability)

Безотказность
(reliability)

Вероятность безотказной работы (reliability function),	$P(t)$
Средняя наработка до отказа (mean operating time to failure)	T_{cp}
Гамма-процентная наработка до отказа (gamma-percentile operating time to failure)	$T_{\gamma cp}$
Средняя наработка между отказами (mean operating time between failure)	T_o
Гамма-процентная наработка между отказами (gamma-percentile operating time between failure)	$T_{\gamma o}$
Интенсивность отказов (failure rate)	$\lambda(t)$
Параметр потока отказов (failure intensity)	$\omega(t)$

Ремонтпригодность и
восстанавливаемость
(maintainability and recoverability)

Вероятность восстановления (probability of restoration),	$P_B(t)$
Среднее время восстановления (mean restoration time)	T_B
Среднее время до восстановления (mean time to restoration)	$T_{ДВ}$
Гамма процентное время восстановления (gamma-percentile restoration time)	$T_{\gamma B}$
Гамма процентное время до восстановления (gamma-percentile time to restoration)	$T_{\gamma ДВ}$
Интенсивность восстановления (restoration rate)	$\mu(t)$

Долговечность
(durability)

Средний ресурс (mean operating life)	$T_{рес}$
Гамма-процентный ресурс (gamma-percentile operating life)	$T_{\gamma рес}$
Средний срок службы (mean useful life)	$T_{cp сл}$
Гамма-процентный срок службы (gamma-percentile useful life)	$T_{\gamma cp сл}$

Сохраняемость
(storability)

Средний срок сохраняемости (mean storing life)	$T_{сохр}$
Гамма-процентный срок сохраняемости (gamma-percentile storing life)	$T_{\gamma сохр}$

Готовность
(availability)

Коэффициент готовности (availability factor)	$K_r(t)$
Коэффициент неотказности (unavailability factor)	$K_{н(т)}$
Коэффициент оперативной готовности (interval availability factor)	$K_{ог(т)}$
Коэффициент технического использования (total availability factor)	$K_{ти}$
Коэффициент сохранения эффективности (efficiency ratio)	$K_{сохр.эфф}$



Надежность – свойство объекта сохранять *во времени* способность выполнять *требуемые функции* в заданных режимах и условиях *применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования* (ГОСТ 27.002–2015 «Надёжность в технике. Термины и определения»).

Слова «*во времени*» означают естественный ход времени, в течение которого имеет место применение, техническое обслуживание, хранение и транспортирование объекта, а не какой-либо конкретный интервал времени.

Требуемые функции и критерии их выполнения устанавливают в документации на объект (нормативной, конструкторской, контрактной и др.).



Критерии выполнения требуемых функций могут быть установлены заданием для каждой функции *набора параметров*, характеризующих способность её выполнения, и *допустимых пределов* изменения значений этих параметров.

В этом случае **надёжность** можно определить, как **свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.**



Надёжность является *комплексным* свойством, которое в зависимости от *назначения* объекта и *условий его применения* может включать в себя *свойства надёжности* или *определённые сочетания этих свойств.*



Безотказность (reliability) – свойство объекта непрерывно сохранять способность выполнять требуемые функции в течение некоторого времени или наработки в заданных режимах и условиях применения.

Ремонтопригодность (maintainability) – свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению состояния, в котором объект способен выполнять требуемые функции, путем технического обслуживания и ремонта.



Восстанавливаемость (recoverability) – свойство объекта, заключающееся в его способности восстанавливаться после отказа без ремонта.

Сохраняемость (storability) – свойство объекта сохранять способность к выполнению требуемых функций после хранения и (или) транспортирования при заданных сроках и условиях хранения и (или) транспортирования.



Долговечность (durability) – свойство объекта,

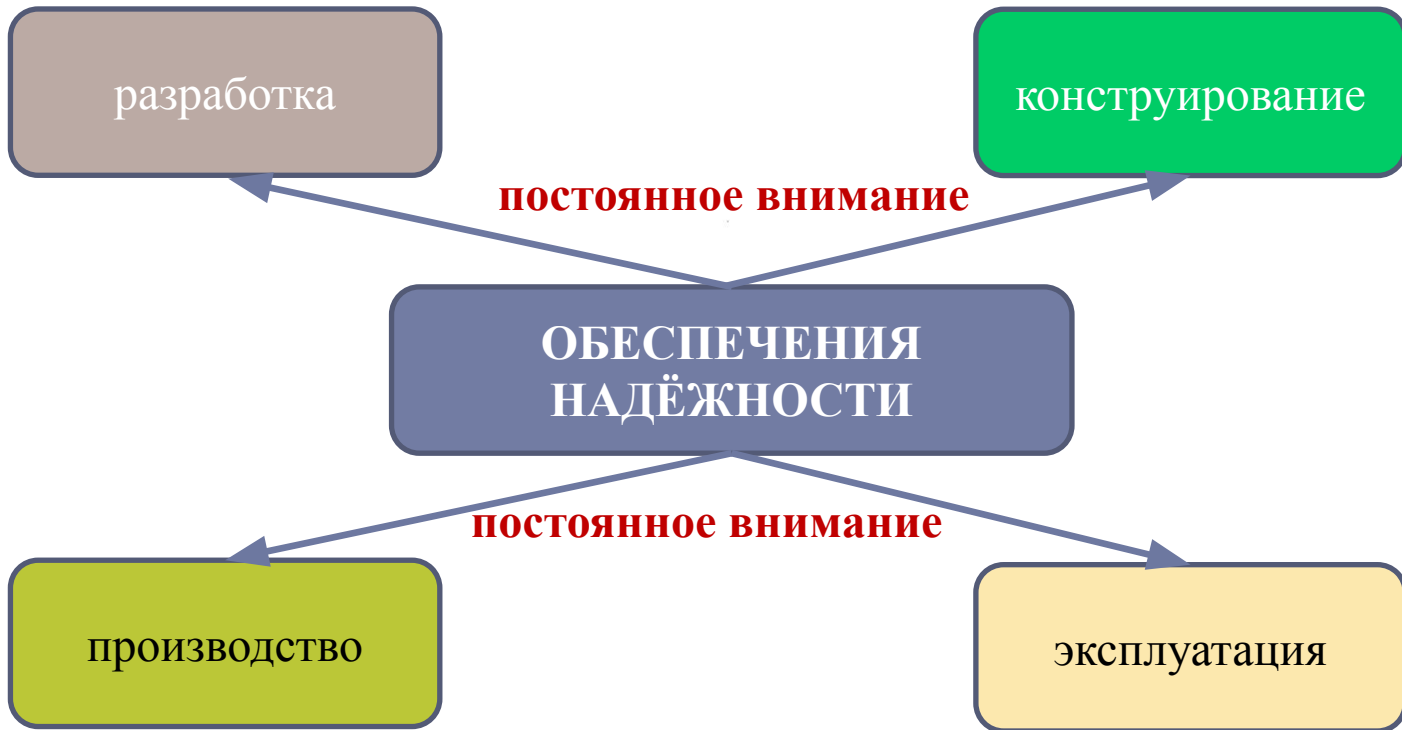
закключающееся в его способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания и ремонта до достижения предельного состояния.

Готовность (availability) – свойство объекта, заключающееся в его способности находиться в состоянии, в котором он может выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и ремонта в предположении, что все необходимые внешние ресурсы обеспечены.



Учебный вопрос 2

Методы повышения надежности





На этапе разработки:

- принцип действия ВВСТ выбирается из условия возможности создания надежной системы;
- в структуру системы закладываются наряду с возможностями выполнения заданных функций и некоторые возможности дальнейшего совершенствования с целью повышения надежности;
- введением специальных развязывающих устройств обеспечивается независимость действия функциональных элементов (что в последующем облегчит применение резервирования);
- целесообразно предварительно разработать некоторые вопросы эксплуатации и предусмотреть устройства, которые облегчат работу обслуживающего персонала, позволят ему своевременно подготовить технические средства к применению, безошибочно управлять ими в режиме применения и быстро восстанавливать работоспособность аппаратуры при возникновении отказов;
- предварительно рассчитывается надежность и в структуру системы вносятся изменения, обеспечивающие требуемую надежность разрабатываемых технических средств.



На этапе конструирования:

- производится тщательный отбор используемых элементов;
- особое внимание уделяется рациональной компоновке оборудования, которая должна обеспечить как оптимальные электрические, климатические и механические режимы работы элементов, так и упростить работу личного состава при техническом обслуживании, подготовке к применению и управлении ВВСТ.

На этапе производства:

- уделяется внимание точному соблюдению технологического процесса, тщательному контролю качества выполнения всех операций;
- повышение ритмичности производства;
- автоматизация технологических процессов.



На этапе эксплуатации:

- поддержание условий, которые использовались при расчете надежности на предыдущих этапах;
- знание доэксплуатационных методов, использованных при разработке и конструировании ВВСТ;
- знание специфических эксплуатационных методов обеспечения надежности.





1. Совершенствование конструкции

- амортизация оборудования в условиях воздействия на него вибрационных и ударных нагрузок;
- разработка соединительных элементов, использование решений, предотвращающих самопроизвольную разборку агрегатов и нарушение соединений;
- освобождение элементов от механических нагрузок (например, заливка узла компаундами и смолами);
- герметизация элементов, узлов и приборов;
- расчёт теплового режима работы элементов и др.



2. Применение высоконадежных элементов

Для ВВСТ могут применяться элементы, специально сконструированные для работы в более тяжелых условиях, или из группы типовых элементов выбираются наиболее надёжные. Этот метод эффективен для **простых** систем с числом элементов $n \cdot 10^2 \dots n \cdot 10^3$. Для **сложных** систем этот метод не всегда приводит к достижению необходимой безотказности, т.к. здесь возникает проблема «контакта».



3. Разработка и совершенствование технической документации

Техническая документация должна обеспечивать изучение личным составом устройства ВВСТ и проведение всех видов работ при его эксплуатации.

Например, недостатки при разработке *технических описаний* :

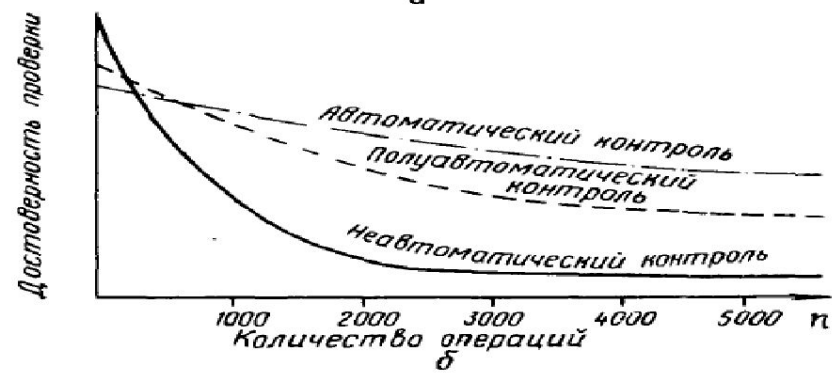
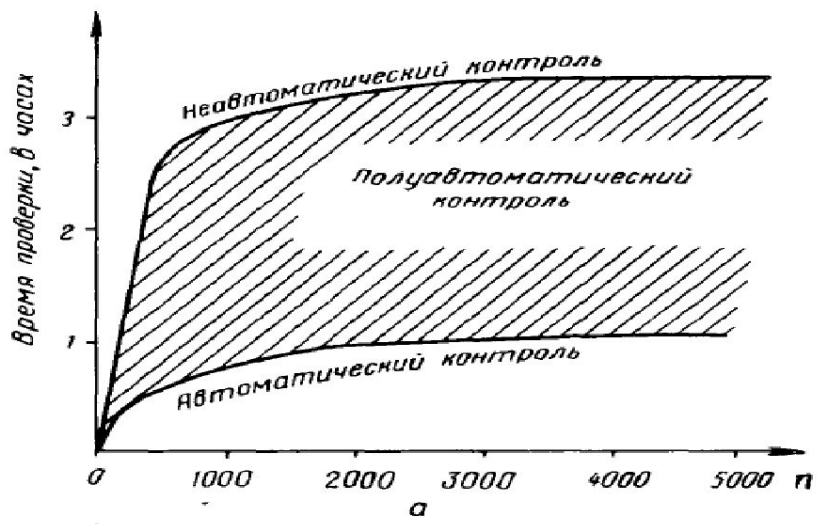
- подробное описание простых процессов и слишком краткое описание сложных непонятных процессов;
- поверхностный анализ работы и взаимосвязи отдельных элементов оборудования;
- формальное описание конструкции и органов управления.



4. Автоматизация контроля работоспособности

Основным требованием, предъявляемым к процессу подготовки ВВСТ к применению по назначению, является *уменьшение времени подготовки* и *увеличение достоверности контроля*. Это может достигаться введением *автоматической* или *автоматизированной системы контроля работоспособности*. Такая система контроля особенно эффективна при большом числе операций контроля (n).

Автоматизация испытаний легко совмещается с автоматизацией подготовки оборудования, что существенно повышает его техническую готовность и освобождает личный состав от выполнения ответственных операций подготовки, увеличивая безошибочность его действий.





5. Введение резервирования

Резервирование – способ обеспечения надёжности объекта за счет использования дополнительных средств и/или возможностей сверх минимально необходимых для выполнения требуемых функций (ГОСТ 27.002–2015).

Введение резервирования означает, что системе придается *запас (избыток)* некоторых свойств или качеств, который системе для выполнения своих функций *непосредственно не нужен*, но может использоваться в аварийных или нештатных ситуациях, т.е. резервирование – способ обеспечения надёжности объекта за счет использования дополнительных средств или возможностей, избыточных по отношению к минимально необходимым для выполнения требуемых функций.



Виды резервирования:

- структурное резервирование;
- функциональное резервирование;
- нагрузочное резервирование;
- информационное резервирование;
- временное резервирование.



Структурное резервирование – это резервирование с применением резервных элементов *структуры объекта*.

Введение структурного резервирования сводится к использованию в системе *резервных элементов*, которые не являются необходимым для функционирования оборудования, а выполняют функции *основных элементов* при их отказе.

Основной элемент – элемент объекта, необходимый для выполнения требуемых функций без использования резерва.

Резервный элемент – элемент объекта, предназначенный для выполнения функций основного элемента в случае отказа последнего.

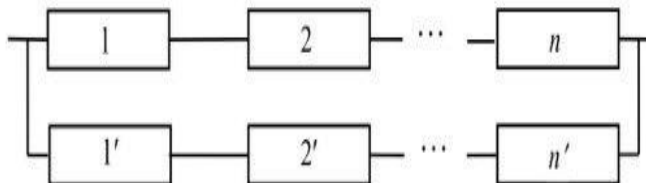


1. По *способам соединения (схеме включения резерва)*;
2. В зависимости от *режима работы (состоянию) резерва*;
3. По *способу включения резервных элементов*;
4. По *кратности резерва*;
5. По *восстанавливаемости резерва*;
6. Мажоритарное резервирование;
7. Смешанное резервирование.

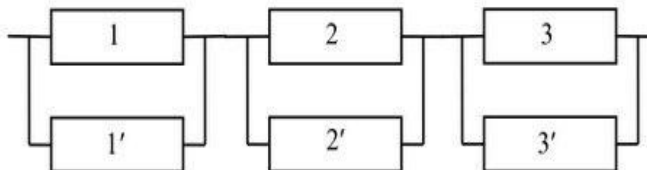


По *способам соединения* (схеме включения резерва) резервирование может быть *общим и раздельным*.

Общее резервирование – резервируется весь объект (аппарат или система) в целом.



Раздельное резервирование – резервируются отдельные элементы объекта (системы) или их группы. Раздельное резервирование выгодно при большом числе узлов и увеличении кратности.





В зависимости от *режима работы (состоянию) резерва* различают:

Нагруженный резерв («горячее» резервирование) – резерв, который содержит один или несколько резервных элементов, находящихся в режиме основного элемента. При этом принимается, что характеристики надежности резервных элементов в период их пребывания в качестве резервных и в период использования вместо основных после отказа последних, остаются неизменными.

Облегченный резерв («теплое» резервирование) – резерв, который содержит один или несколько резервных элементов, находящихся в менее нагруженном режиме, чем основной элемент до начала выполнения ими функций основного элемента. Принимается, что характеристики надежности резервных элементов в период их пребывания в качестве резервных выше, чем в период их использования вместо основных после отказа последних.

Ненагруженный резерв («холодное» резервирование) – резерв, который содержит один или несколько резервных элементов, находящихся в ненагруженном режиме до начала выполнения ими функций основного элемента, то есть резервный элемент практически не несет нагрузки. Такой резервный элемент, находясь в резерве, отказывать не должен, т.е. обладает в этот период идеальной надежностью. В период же использования этого элемента вместо основного после отказа последнего надежность становится равной надежности основного.



По *способу включения резервных элементов* различают *постоянное* и *динамическое* резервирование.

Постоянное резервирование – это резервирование, при котором используется *нагруженный резерв*, и при отказе любого элемента в резервированной группе выполнение объектом *требуемых функций обеспечивается оставшимися элементами без переключений*.

Для постоянного резервирования в случае отказа основного элемента не требуется специальных устройств, вводящих в действие резервный элемент, так как он вводится в действие одновременно с основными.

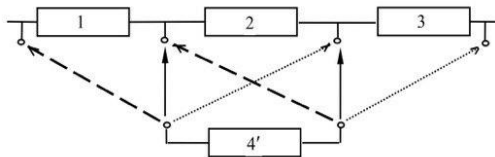
Динамическое резервирование – это такое резервирование, когда при появлении отказа элемента система *перестраивается и восстанавливает свою работоспособность*. Такой метод связан с применением **переключающих элементов**, которые подключают исправный резервный элемент объекта вместо отказавшего основного элемента.



*Динамическое резервирование может быть **замещением** и **скользящее**.*

***Резервирование замещением** – это резервирование, при котором функции основного элемента передаются резервному только при отказе основного элемента. При использовании резервирования замещением необходимы контролирующие и переключающие устройства для обнаружения факта отказа основного элемента и переключения его с основного на резервный.*

***Скользящее резервирование** – это резервирование замещением, при котором группа основных элементов объекта резервируется одним или несколькими резервными, каждый из которых может заменить любой отказавший элемент в данной группе.*



Скользящее резервирование всегда является **активным**, всегда имеется переключающее устройство, определяющее наличие отказа и включающее резервный элемент.



Кратность резерва – это отношение числа резервных элементов к числу основных элементов, выраженное несокращённой дробью. Различают резервирование с **целой** и **дробной** кратностью.

Дублирование – резервирование с кратностью резерва один к одному.

По **восстанавливаемости резерва** различают резервирование *с восстановлением* и резервирование *без восстановления*.

Резервирование без восстановления – резервирование, при котором восстановление отказавших основных элементов и/или резервных технически невозможно без нарушения работоспособности объекта в целом и /или не предусмотрено эксплуатационной документацией.

Резервирование с восстановлением – резервирование, при котором восстановление отказавших основных элементов и/или резервных технически возможно без нарушения работоспособности объекта в целом и предусмотрено эксплуатационной документацией.



Мажоритарное резервирование – резервирование, при котором в нагруженном режиме находится нечетное количество не менее трех однотипных элементов и результатом работы объекта принимается одинаковый результат работы большинства основных элементов. Это резервирование называют также резервированием по принципу «голосование по большинству», т.к. система имеет восстанавливающий элемент, который выдает «правильные данные», полученные от большинства работоспособных подсистем.

Смешанное резервирование – сочетание различных видов резервирования в одном и том же объекте.



Практически любой вид структурного резервирования сводится к замене одного или группы последовательно соединенных элементов группой элементов с параллельным соединением. Как уже известно, даже при высокой надёжности элементов ***надёжность системы с последовательным соединением*** (или ее фрагмента) оказывается низкой и ***не превышает надёжности самого надёжного из элементов***, то есть даже из сравнительно высоконадёжных элементов нельзя создать высоконадёжную систему с последовательным соединением. Структурное же резервирование позволяет создавать высоконадёжные системы даже из малонадёжных элементов.



Количественно повышение надёжности системы в результате резервирования (или любой другой модернизации) можно оценить по *коэффициенту выигрыша надёжности*, определяемому как отношение показателей надёжности до и после преобразования.

Из этого определения следует, что **эффективность резервирования тем больше, чем меньше надёжность резервируемого элемента**. Значит, при структурном резервировании максимального эффекта можно добиться при резервировании самых ненадёжных элементов (или групп элементов).

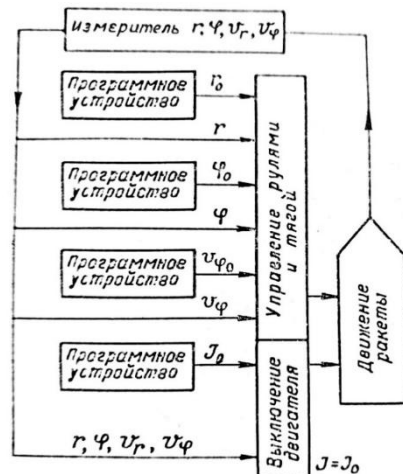
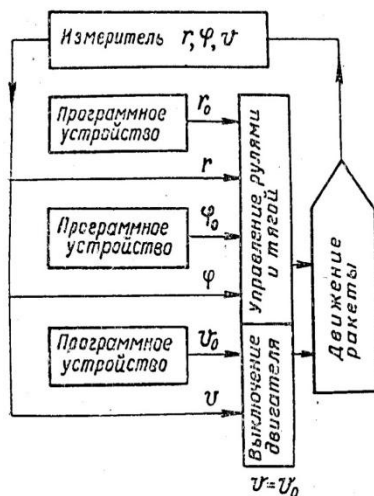
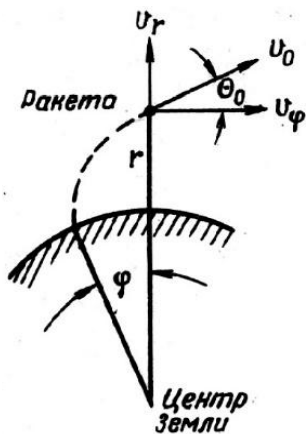


Функциональное резервирование – резервирование, при котором используется способность элементов выполнять дополнительные функции или способность объекта перераспределять функции между элементами.

Функциональное резервирование применяется для обозначения свойств живого организма и технических средств, обеспечивающих безотказное функционирование систем компенсацией работы отказавших органов (элементов) за счет более интенсивной работы других органов, которые имели до появления отказа другое назначение.



Применение функционального резервирования



$$\Delta L = K_1 \cdot (r - r_0) + K_2 \cdot (\varphi - \varphi_0) + K_3 \cdot (V_r - V_{r0}) + K_4 \cdot (V_\varphi - V_{\varphi 0}),$$

где K_1, K_2, K_3, K_4 — коэффициенты ошибок каждого из параметров $r, \varphi, V_r, V_\varphi$

Формула управления:

$$K_1 \cdot r + K_2 \cdot \varphi + K_3 \cdot V_r + K_4 \cdot V_\varphi - J = 0,$$



НАГРУЗОЧНОЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЕ

Нагрузочное резервирование – резервирование, при котором используется способность элементов воспринимать дополнительные нагрузки сверх номинальных, а также способность объекта перераспределять нагрузки между элементами.

Все элементы проектируются для работы в **заданных номинальных режимах**. Отклонение от таких режимов приводит к увеличению или уменьшению количества отказов элементов в процессе работы.

Отклонение от номинальных режимов в сторону **облегчения** приводит к уменьшению интенсивности отказов, что позволяет повысить безотказность элемента, недогружая его по сравнению с номинальным режимом. При такой работе элемент имеет **избыточные запасы работоспособности по режиму**.

То есть, нагрузочное резервирование предполагает **облегчение режимов работы элементов**. В существующих образцах ВВСТ большинство элементов работает в облегченных режимах.

Введение нагрузочного резервирования неминуемо приводит к некоторому **увеличению габаритов, веса и стоимости** системы, поскольку используются элементы, рассчитанные на большую нагрузку. Несмотря на это, введение нагрузочного резервирования широко используется, так как можно увеличить безотказность элементов при заданном их ассортименте.



ИНФОРМАЦИОННОЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЕ

Информационное резервирование – резервирование с использованием резервов информации.

Этот вид резервирования предполагает получение некоторого избытка информации по сравнению с минимально необходимым. Тогда потеря части информации не искажает всю информацию.

ВРЕМЕННÒЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЕ

Временнòе резервирование – резервирование с использованием резервов времени.

Широко применяется при разработке различных технологических и эксплуатационных процессов: резерв времени позволяет устранить отказ (в случае его возникновения) до начала применения объекта по назначению; перезапустить программу выполнения технологических операций (в случае её сбоя) и т. п.



МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СТС В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

1. Стабилизация условий эксплуатации
2. Оптимизация режимов работы
3. Прогнозирование отказов
4. Управление резервированием.
5. Контроль технического состояния.
6. Совершенствование эксплуатационной документации.
7. Рационализаторская работа



ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ

Под *оптимизацией режимов работы* следует понимать отыскание наилучших в отношении безотказности ВВСТ электрических, тепловых, временных и других режимов работы (например, важно знать, за какое время до начала применения необходимо включить аппаратуру на прогрев так, чтобы к моменту начала применения коэффициент готовности K_r был бы максимальным, или при каких перерывах между применениями ВВСТ надо выключать аппаратуру, а при каких - нет).



СТАБИЛИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Стабилизация условий эксплуатации сводится к выполнению ряда конкретных мероприятий, направленных на **предохранение технической системы от воздействия внешних условий**, характерных для ВВСТ (например, соблюдение температурно-влажностного режима, поддержание требуемой герметизации, точное соблюдение правил транспортирования, своевременное и качественное проведение ТО, предусмотренного в ЭД, и т.п.). Одним из важнейших эксплуатационных факторов является **учёт местных условий** при планировании эксплуатации. При продолжительном наблюдении за работой ВВСТ в местных условиях и анализе процессов возникновения отказов в ней можно найти в диапазоне внешних условий, определённом ЭД, более **узкий поддиапазон**, в котором оборудование будет функционировать наиболее стабильно с наибольшей безотказностью.



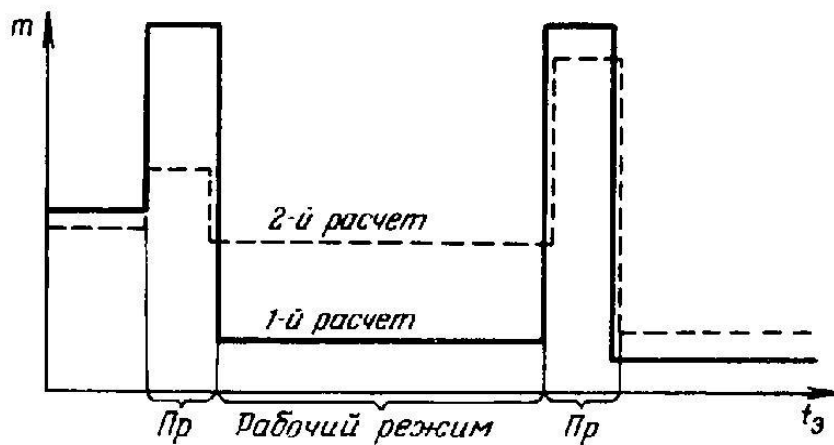
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТКАЗОВ

Под *прогнозированием отказов* понимают экспериментальное или аналитическое предсказание моментов их возникновения на основе соответствующих испытаний ВВСТ и отдельных её элементов.

Различают *инструментальные* и *статистические* методы прогнозирования отказов. Инструментальные методы используются для прогнозирования *постепенных отказов*. Статистические методы прогнозирования по сравнению с инструментальными менее точны. К ним прибегают в тех случаях, когда инструментальные методы неприменимы, когда неизвестен прогнозирующий параметр или затруднен его контроль.



Примерные соотношения количества отказов, выявляемых при прогнозировании и возникающих при эксплуатации после прогнозирования, для двух одинаковых систем, эксплуатируемых разными расчётами (**влияние качества прогнозирования постепенных отказов на интенсивность отказов в рабочем режиме**)





УПРАВЛЕНИЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ

Управление резервированием – поддержание в процессе эксплуатации требуемого структурного, нагрузочного, временного и других видов резервирования. **Например:**

- Недопущение уменьшения в процессе эксплуатации *нагрузочного резервирования* по сравнению с *расчётным* путём выявления и замены элементов, работающих в более напряжённых режимах работы.
- В процессе эксплуатации при каждом испытании системы целесообразно проверять не только функционирование системы в целом, но и функционирование всех её *резервных цепей*. Отсутствие такой проверки может привести к тому, что система будет применена без структурного резервирования и будет иметь значительно уменьшенную по сравнению с расчётной вероятность безотказной работы.
- Использование эксплуатационного резервирования технических систем, привлекаемых к решению *особо важных задач*. Личный состав, принимая решение о выполнении поставленной задачи избыточным количеством средств, образует новую техническую систему, в которой наличие избыточной структуры аналогично методу введения структурного резервирования при проектировании.
- Полная комплектация ВВСТ рассчитана на выполнение наиболее *сложной задачи* и в наиболее *общем режиме*, поэтому в тех случаях, когда система работает в *облегчённом режиме* или выполняет *частную задачу*, объем включаемого резерва целесообразно уменьшать.



КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Техническое состояние – состояние объекта, характеризуемое совокупностью установленных в документации параметров, описывающих его способность выполнять требуемые функции в рассматриваемых условиях.

Заключение о техническом состоянии принимается по результатам измерения и контроля некоторой **совокупности параметров**, определяющих работоспособность ВВСТ в целом и её отдельных устройств. Состав параметров и требования к ним (абсолютные значения, допуски, характер изменения и т.д.) определяются эксплуатационной документацией (ЭД).



ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

1. Для контроля ТС ВВСТ используется контрольно-измерительная аппаратура (КИА), которая может быть **встроенной**, т.е. составлять единое целое с ВВСТ, и **автономной**, подключаемой к ВВСТ (объекту контроля) только на время измерения или контроля.

2. Процесс контроля может быть **автоматизированным (автоматическим)** и **неавтоматизированным**.

3. Контроль параметров может производиться либо путём измерения их абсолютных (относительных) значений (**количественный контроль**), либо путём оценки нахождения этих параметров в пределах заданных допусков (**допусковый контроль**).



ВИДЫ КОНТРОЛЯ ТС

В зависимости от задач, решаемых при оценке ТС, различают *три вида контроля: контроль работоспособности, диагностический контроль и прогнозирующий контроль.*

Контроль работоспособности проводится при подготовке системы к применению, при ТО и ремонте, периодически в процессе хранения и транспортирования, а также при проведении технических осмотров. Основная задача, решаемая при контроле работоспособности, сводится к определению ТС ВВСТ в целом и степени её готовности к применению. В процессе контроля работоспособности производится также настройка и регулировка системы.

Основными *показателями качества процесса контроля* являются *время контроля* (время, затрачиваемое на контроль заданной совокупности параметров в реальных условиях эксплуатации), *полнота (глубина) контроля* (характеризует степень охвата проверяемой аппаратуры контролем) и *достоверность результатов контроля* (отражает степень доверия к решениям о состоянии ВВСТ, принятым по результатам контроля).



Диагностический контроль – проводится для отыскания неисправностей и установления причин их возникновения. Необходимость в осуществлении диагностического контроля возникает тогда, когда при контроле работоспособности или в процессе применения ВВСТ возникает *отказ* или обнаруживается, что техническая система *не удовлетворяет заданным требованиям*.

Сущность **прогнозирующего контроля** заключается в том, что на основании совокупности измерений *в данный момент времени* (или на некотором интервале $t+\Delta t$) прогнозируется состояние объекта или отдельных его узлов *в будущем*. Такое прогнозирование основывается на использовании определённых взаимосвязей между измеряемыми параметрами и состоянием объекта.



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

В действующей ЭД не всегда полно бывают отражены особенности эксплуатации применительно к конкретным условиям. В этом случае персоналу целесообразно разрабатывать **дополнительную документацию, не противоречащую действующей ЭД**, с целью повышения эффективности и надёжности функционирования систем. К ней можно отнести, например, **маршрутные карты осмотра** системы при приёме дежурства; **схемы закладки средств защиты от биологических вредителей**; **действия персонала при возникновении ситуаций природного характера, присущих данному региону** и т.п.



Рационализаторской работа личного состава по совершенствованию как самих **технических систем**, так и **методов их эксплуатации**

Каждый специалист на основе анализа своей повседневной деятельности может предложить и реализовать приспособления и мероприятия, которые, например, *уменьшают количество ошибок*, облегчают выполнение *трудоёмких операций*, повышают *безопасность* выполнения эксплуатационных процессов и т.п. Даже простейшие усовершенствования иногда оказываются очень эффективными.



Учебные вопросы:

1. Надежность вооружения, военной и специальной техники и её свойства.
2. Методы повышения надежности.



Тема 1

«Содержание технической эксплуатации
и войскового ремонта вооружения, военной
и специальной техники»

Лекция 5

«Надежность вооружения, военной
и специальной техники»



Цели занятия:

1. Рассмотреть свойство «надёжность» ВВСТ и составляющие свойства «надёжность» ВВСТ.
2. Сформировать теоретические знания об основных методах повышения надёжности на стадиях жизненного цикла ВВСТ.



Задание на самостоятельную работу:

1. Повторить по конспекту основные понятия, термины и определения.

2. Литература на самостоятельную работу:

- **Коробовский, А. В.** Содержание технической эксплуатации систем и комплексов. – Москва : Издательство «Ким Л.А.», 2020. – с. **29-31**.
- Эксплуатация космических средств : теория и практика в 2-х частях. Часть 2. Эксплуатационное качество космических средств. Организация эксплуатации космических средств / Л. Т. Баранов, В. Л. Гузенко, А. В. Клепов, А. П. Ковалев, [и др.]; утверждено в качестве учебника для вузов. – Санкт-Петербург : ВКА имени А. Ф. Можайского, 2003. – с. **142-159**.