

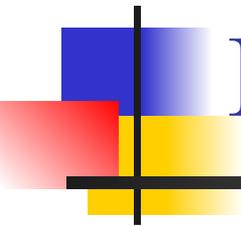
Лекция № 10

Методы и средства обеспечения
надежности технических систем



Вопросы

1. Этапы жизненного цикла технических систем.
2. Технические средства обеспечения надежности и безопасности технических систем.
3. Организационно-технические мероприятия повышения надежности.
4. Диагностика нарушений и аварийных ситуаций.



Вопрос №1

Этапы жизненного цикла
технических систем

Пути обеспечения надежности разнообразны и могут быть связаны:

- с повышением стойкости изделия к внешним воздействиям,
- изоляция оборудования от вредных воздействий,
- применение автоматики и сигнализации,
- обучение персонала вопросам безопасной эксплуатации технических систем.

- Для недопущения отказов конструктивного, производственного и эксплуатационного характера существуют **типовые мероприятия, методы и средства предупредительного, контролирующего и защитного характера**, обеспечивающие надежность и безопасность технических систем. Их применяют на различных этапах жизненного цикла системы.

Стадия проектирования.

Предупредительные:

- использование отработанных методов и средств обеспечения надежности;
- анализ альтернативных проектно-конструкторских решений и выбор наилучших;
- создание запасов работоспособности по нагрузкам и отказам различных видов;
- использование резервирования;
- выбор высоконадежных комплектующих элементов, материалов;

- 
- создание контролепригодных и ремонтпригодных элементов;
 - обучение конструкторов передовым методам обеспечения надежности;
 - установление проектных норм надежности и норм испытаний при экспериментальной отработке;
 - разработка новых средств контроля и диагностики.

Контрольные:

- экспериментальная проверка технических решений, особенно новых;
- проверка всех режимов функционирования;
- автономные и комплексные испытания;
- контроль и корректировка конструкторской документации;
- экспериментальная проверка запасов работоспособности во всех режимах функционирования;
- контроль надежности;
- контроль качества труда исполнителей, самоконтроль.

Защитные:

- анализ видов и последствий отказов;
- введение специальных приборов в состав системы, обеспечивающих безопасность при возникновении отказов;
- отработка основных отказовых режимов функционирования;
- тренировка персонала;

- 
- реализация технических решений по локализации отказов;
 - применение оперативного контроля и управление функционированием;
 - обеспечение сохранения работоспособности элемента при отказах в системах;
 - разработка системы обслуживания и восстановления.

Стадия изготовления технических систем

Предупредительные:

- выбор прогрессивных и стабильных технологических процессов;
- отработка новых технологических процессов и средств контроля до начала пуска производства;
- отработка и корректировка технологической документации;
- обучение и аттестация производственного персонала к работе на ответственных операциях;
- надзор за состоянием производственного оборудования и средств контроля.

Контрольные:

- проведение входного пооперационного и выходного контроля;
- проверка режимов запасов;
- контрольно-технологические испытания;
- контроль качества труда исполнителей, самоконтроль;
- авторский надзор;
- контроль качества и стабильности технологических процессов.

Защитные:

- использование избыточности (дублирование) в оборудовании и средствах контроля;
- введение блокировок в ответственные технологические процессы;
- разработка системы обслуживания и восстановления производственного оборудования и средств контроля.

Стадия эксплуатации:

Предупредительные:

- использование автоматизированных средств контроля и поиска неисправностей;
- отработка эксплуатационно-технической документации;
- проведение предварительных регламентных работ; оценка и прогнозирование технического состояния и надежности;
- аттестация и обучение персонала.

Контрольные:

- автоматизированная регистрация и обработка информации о командах, отказах и неисправностях;
- контроль качества;
- самоконтроль;
- гарантийный надзор.

Защитные:

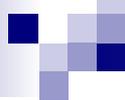
- проведение оперативных доработок;
- использование автоматических средств защиты;
- использование запасных частей, обменного фонда;
- анализ последствий отказов и реализация защитных мероприятий;
- обучение и аттестация персонала для работы при возникновении отказов.

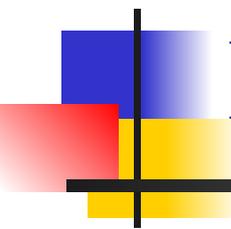
Техническая поддержка при эксплуатации

- Технические средства, производственные мощности являются важнейшей составной частью активных средств, позволяющих, в конечном счете, добиться высокой безопасности и надежности техники.

Уровень технического обеспечения зависит от следующих факторов:

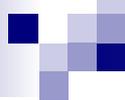
- **уровня качества и надежности материалов, комплектующих элементов, агрегатов и изделий общего назначения, выпускаемых промышленностью и используемых в составе технических систем;**

- 
- технического уровня, номенклатуры, количества, производительности, автоматизации технических средств для проектирования, конструирования, отработки, производства, контроля и эксплуатации сложных изделий;
 - уровня автоматизации и оперативного сбора, обработки, обмена информацией для планирования, координации и контроля за ходом создания и применения изделий.



Вопрос №2

Технические средства обеспечения
надежности и безопасности
технических систем

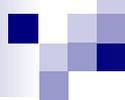
- 
- 
- Все технические средства обеспечения надежности и безопасности, которые используют при создании и эксплуатации технических систем, могут быть условно разделены на три класса: средства предупреждения, средства контроля и средства защиты.

Средства предупреждения отказов

Средства предупреждения отказов техники одновременно являются и техническими средствами, позволяющими выбрать и детально разработать наилучшую конструкцию, оформить документацию, обеспечить полную экспериментальную обработку.

К ним относят:

- комплексы моделирования, позволяющие разрабатывать варианты систем и выбирать наиболее надежные;

- 
- средства автоматизированной разработки конструкторской и технологической документации;
 - отладочные комплексы, позволяющие своевременно отрабатывать новые технические решения;
 - технические средства обучения и повышения квалификации конструкторов;
 - автоматизированную систему информации по вопросам качества и надежности элементов.



К числу технических средств,
предупреждающих отказы и отклонения
производственного характера, относят:

- автоматизированное производственно-технологическое оборудование, средства контроля и управления технологическими процессами;

- 
- технические средства входного неразрушающего контроля и диагностики;
 - автоматизированные средства обучения и систему контроля надежности производства.

К числу технических средств предупреждения *отказов в эксплуатации* относят:

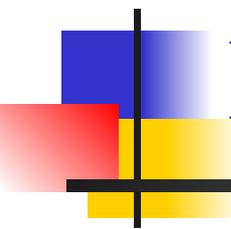
- технические средства для отработки эксплуатационной документации (стенды, макеты, имитаторы) и обучения персонала;
- технические средства для проведения предупредительных и регламентных работ.



При разработке новых систем необходимо применять на каждой стадии технические средства:

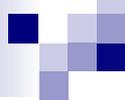
- предупреждения отказов и отклонений от намеченного хода технологического процесса;
- средства оперативного контроля и выявления причин;
- средства защиты от вредных последствий отказов и отклонений.

- Таким образом, *средства защиты* - это совокупность организационных и технических средств, используемых в системах для поддержания заданного режима технологических процессов, предотвращения аварийных ситуаций. Такое множество взаимосвязанных и взаимодействующих средств называется **защитной автоматикой**.



Вопрос №3

Организационно-технические
мероприятия повышения
надежности

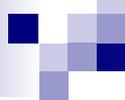
- 
- 
- Функционирование систем зависит от технического обслуживания и ремонта этих систем. По этой причине очень важно разработать график технического обслуживания и контроля работы как технологических систем, так и систем безопасности.

- *Ремонтные работы* из-за их низкого качества могут быть одной из причин возникновения опасностей. Поэтому должен быть разработан план проведения работ (ППР), который содержит **подробные инструкции и технологические карты по проведению ремонтов.**

- 
- Необходимо разработать план инспекций и испытаний промышленных систем, график проведения которых должен строго соблюдаться.

Инспекции и испытание следует выполнять применительно к следующему оборудованию процесса:

- **сосудам высокого давления и резервуарам транспортировки;**
- **системам трубопроводов, включая компоненты трубопроводов, такие как запорная арматура, фланцы и пр.;**
- **системам и устройствам сброса давления и регулирования вентиляции;**

- 
- системам аварийного отключения;
 - системам управления, включая устройства слежения, датчики, аварийную сигнализацию и устройства блокировки;
 - насосам;
 - компрессорам и воздухоборникам при них.

Инспекторской проверке должны быть подвергнуты:

- протоколы, регистрирующие обучение и инструктаж персонала, эксплуатирующего оборудование;
- инструкции по технической эксплуатации и обслуживанию, ремонтным работам, действиям персонала в нештатных ситуациях на предмет выявления соответствия и полноты указанных мероприятий целям безопасности.

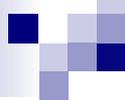
- 
- Исходное положение оборудования;
 - выявление соответствия и пригодности материалов, используемых для технического обслуживания, их спецификации.

Обучение

Люди оказывают как позитивное, так и негативное влияние на уровень безопасности и надежности. Для повышения позитивного влияния требуется применять правильные методики и программы обучения.

■ Программы обучения должны включать информацию:

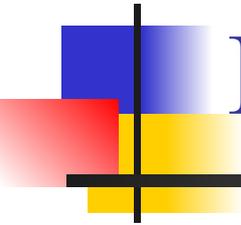
- об опасностях, связанных с производственными процессами и используемыми веществами, и уровнях риска;
- инструкциях, необходимых при работе;

- 
- о возможных условиях работы, включая процедуры включения и выключения промышленной установки;
 - о рекомендуемом поведении людей при нарушении режимов работы системы, аварии или несчастных случаях;
 - о несчастных случаях и ситуациях, близких к аварийным, на других аналогичных производствах.

- 
- **Повторное обучение** должно проводиться, по крайней мере, каждые **три года** для каждого работника, включенного в эксплуатацию технических систем.

- Человеческие ошибки могут стать причиной крупных аварий. Поэтому их предотвращение должно расцениваться как один из важнейших аспектов обеспечения безопасности.
- **В этой связи можно, например, можно предпринимать следующие меры:**
 - маркировка проводов, переключателей, кнопок и соответствующих разъемов;

- 
- блокировка предохранительных клапанов и выключателей, которые не должны работать одновременно;
 - организация надежной системы связи для работающего персонала;
 - использование предохранительных устройств, исключающих случайные переключения.



Вопрос №4

Диагностика нарушений и
аварийных ситуаций.

- Определение технического состояния системы в ходе эксплуатации или после ремонта называют **техническим диагностированием.**
- **Техническим состоянием** называют совокупность свойств системы, подверженных изменениям в процессе ее производства или эксплуатации.
- Совокупность средств, правил и алгоритмов диагностирования образует **систему технического диагностирования (СТД).**

Основные задачи диагностирования

- **при проектировании - проверка соответствия разработанной системы исходному заданию на проектирование и обеспечение наилучшего режима и высокого качества диагностики системы на последующих этапах на предмет установления возможных отказов.**

- при изготовлении, монтаже и пуске систем техническое диагностирование - неотъемлемая часть выполняемых работ. Основная цель диагностирования на этих этапах - проверка работоспособности оборудования.

- 
- при эксплуатации системы с помощью технического диагностирования определяют состояние функционирования (допустимое, предаварийное, аварийное), осуществляют поиск неисправности.

- Число состояний, различаемых в результате поиска неисправности, определяется глубиной поиска дефекта и требуемой достоверностью результатов диагностирования.
- **Глубина поиска** задается указанием элементов системы, с точностью, до которых определяют место неисправности.
- **Достоверность результатов диагностирования** - степень соответствия состояния, оцененного по этим результатам, истинному состоянию системы.



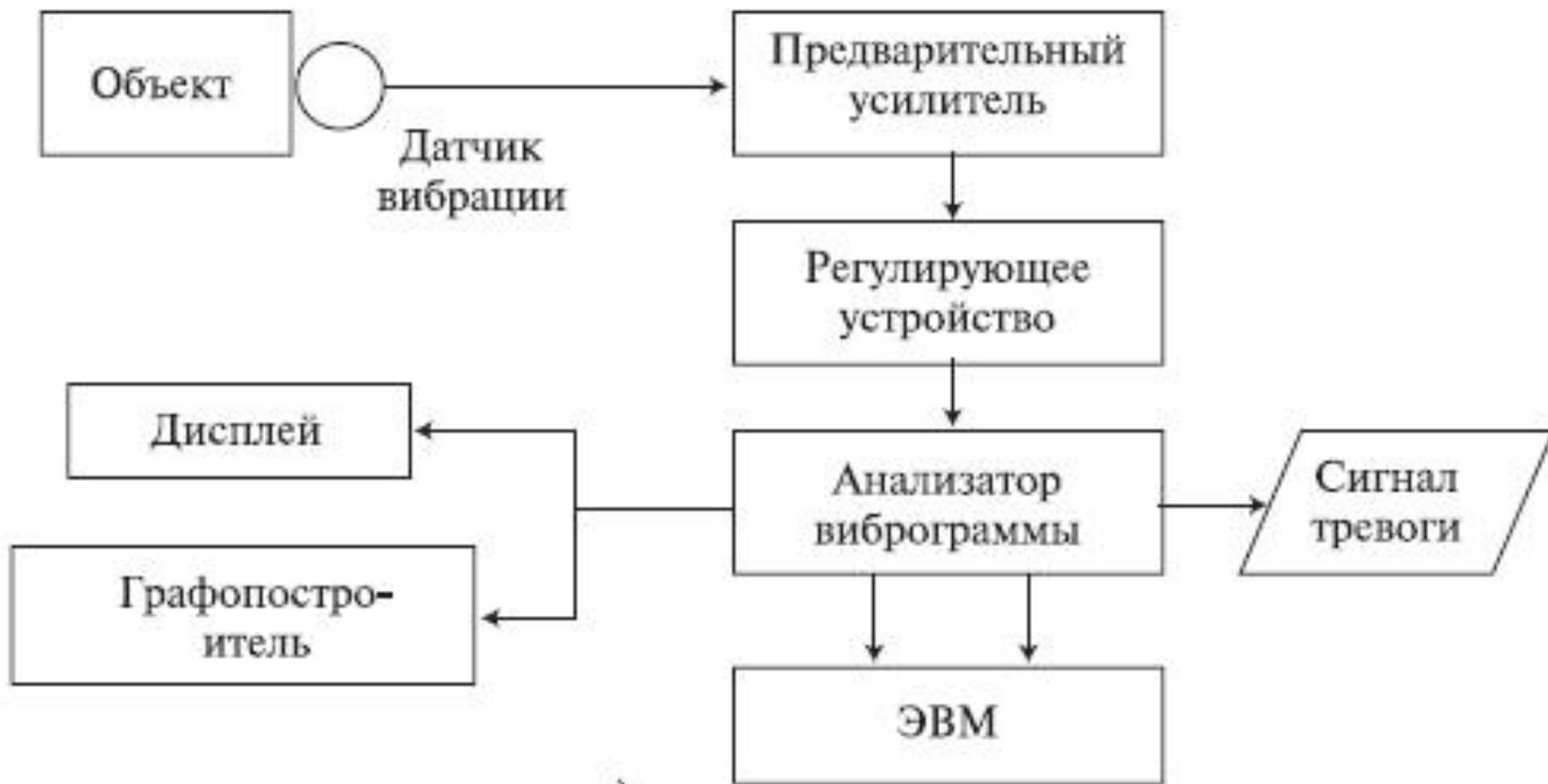
Структурные схемы диагностирования:

а - функционального; б – тестового.

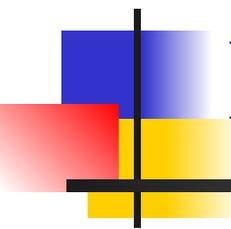
а- состояние системы определяют по результатам текущего контроля за входными x и выходными y переменными. б- на систему подают специальные тестовые воздействия x_T

- 
- Важное место в автоматизированных системах диагностики (АСД) занимают приборы для контроля физико-химических параметров веществ, прежде всего газоанализаторы, анализаторы жидкостей и создаваемые на их основе сигнализаторы.

Например, анализ вибрации машин и аппаратов.
Схема системы контроля вибраций приведена на рис.



- Таким образом, в процессе обработки информации по анализу последствий принимают решение либо о немедленном устранении конструктивных недостатков, изменении практики эксплуатации или технического обслуживания систем (если причина отказа очевидна), либо о проведении необходимых исследований для устранения причины отказа.



Вопрос №5

**Показатели безопасности систем
«человек – машина» (ЧМ)**

- Надежность характеризует безошибочность (правильность) решения стоящих перед системой ЧМ задач. Оценивается вероятностью правильного решения задач, которая, по статистическим данным, определяется соотношением

$$P_{\text{пр}} = 1 - m_{\text{от}}/N$$

- где $m_{\text{от}}$ и N - соответственно число ошибочно решенных и общее число решаемых задач.

- ***Точность работы оператора*** - степень отклонения некоторого параметра, регулируемого оператором, от своего истинного, номинального значения. Количественно точность работы оператора оценивается величиной погрешности, с которой оператор измеряет, устанавливает или регулирует данный параметр:

$$\gamma = I_{\text{н}} - I_{\text{оп}},$$

где $I_{\text{н}}$ - истинное или номинальное значения параметра;
 $I_{\text{оп}}$ - фактически измеряемое или регулируемое оператором значение этого параметра.

- *Показателем безошибочности* является вероятность безошибочной работы. Для типовых, часто повторяющихся операций в качестве показателя безошибочности может использоваться интенсивность ошибок.

$$P_j = \frac{N_j - n_j}{N_j};$$

$$\lambda_j = \frac{n_j}{N_j \cdot T_j};$$

$$P_j = \frac{N_j - n_j}{N_j};$$

$$\lambda_j = \frac{n_j}{N_j \cdot T_j}$$

P_j – вероятность выполнения операций j -го типа, λ_j – интенсивность ошибок j -го типа, N_j , n_j – общее число выполненных операций j -го вида и допущенное при этом число ошибок, T_j – среднее время выполнения операций j -го вида.

- *Коэффициент готовности оператора* представляет собой вероятность включения оператора в работу в любой произвольный момент времени:

$$K_{ОП} = 1 - \frac{T_0}{T},$$

где T_0 – время, в течение которого оператор по тем или иным причинам не находится на рабочем месте;
 T – общее время работы оператора.