

**Определение надежности,
безотказности,
работоспособности,
долговечности,
ремонтпригодности**

Актуальность проблемы оценки и обеспечения надежности.

- Надежность является одной из наиболее важных характеристик, учитываемых на этапах разработки, проектирования и эксплуатации различных технических систем АСУ ТП.
- В современных условиях значительно возрастает актуальность практического решения вопросов оценки и обеспечения надёжности систем управления, так как с недостаточной надёжностью связываются серьёзные потери экономического и даже политического характера.

- В 90-х годах XX века и начале XXI века с определенной регулярностью происходили серьезные аварии, катастрофы и происшествия.
- В целом ряде случаев они приводили к большим человеческим жертвам, нарушению экологии и крупным финансовым затратам на ликвидацию последствий от происшествий. Причиной таких аварий являлось отсутствие должного внимания к вопросам надежности и безопасности сложной техники, сложных объектов и систем; отсутствие надлежащего количественного анализа и корректных проектных оценок надежности.

Достаточно вспомнить, например, такие факты.

При запуске космического корабля «Маринер-1» к Венере в США и «Фобос-1» к Марсу в СССР произошли потери этих объектов из-за ошибок в программных средствах системы управления.

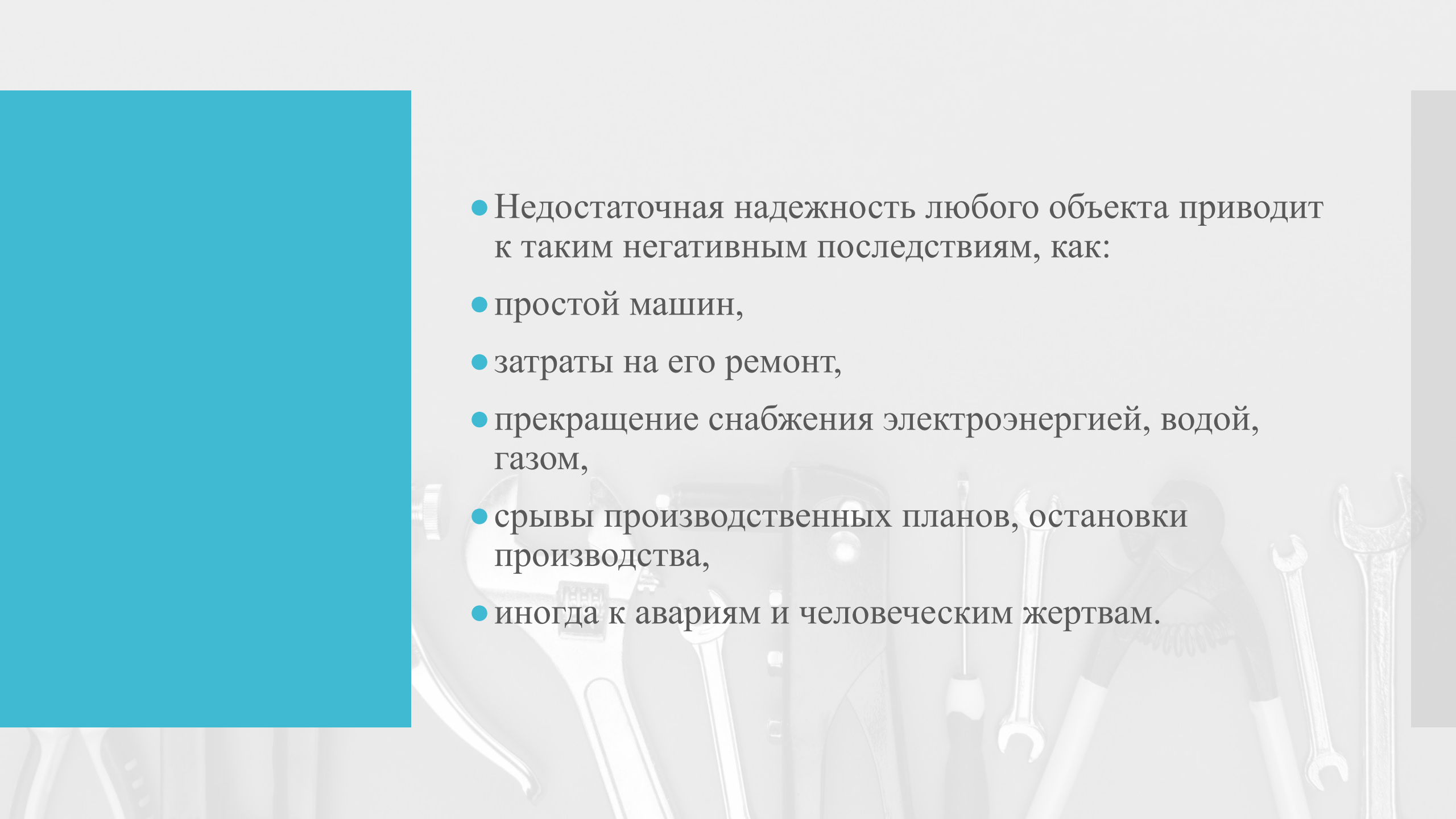
Кроме того, большую опасность представляет нарушение работы в системах специального управления. Так, программная ошибка в главном компьютере североамериканской службы ПВО в 1980 г. поставила мир на грань ядерной катастрофы: служба сообщила, что на США движутся советские ракеты.



Советская автоматическая межпланетная станция (АМС) серии «Фобос».

Запуск Маринера-1



- 
- Недостаточная надежность любого объекта приводит к таким негативным последствиям, как:
 - простой машин,
 - затраты на его ремонт,
 - прекращение снабжения электроэнергией, водой, газом,
 - срывы производственных планов, остановки производства,
 - иногда к авариям и человеческим жертвам.

- Во избежание негативных последствий, обусловленных недостаточной надежностью систем автоматизации следует осуществлять **своевременную проектную оценку надежности АСУ ТП**. Ее проводят в целях определения основных проектных решений, способных обеспечить необходимый уровень надежности, безотказности и ремонтпригодности системы.
- Следует отметить, что оценка надежности проводится не только для систем, создаваемых впервые, но и для модернизируемых АСУ ТП. В результате сбора и обработки исходных данных о надежности системы, технических и программных средствах разрабатывают мероприятия по повышению надежности.

- В результате освоения данного курса вы научитесь осуществлять проектную оценку надежности АСУ ТП на ранних стадиях проектирования для обеспечения требуемого уровня безопасности и работоспособности системы, оценивать уровень безотказности систем. Все эти навыки позволят иметь объективную информацию о состоянии системы на стадии создания АСУ ТП ее слабых элементах, опасных узлах и компонентах. На основе такой информации разрабатываются рекомендации и мероприятия по увеличению надежности и безопасности АСУТП.

- Структура требований к автоматизированным системам по надежности определена в ГОСТ 34.602-89. Она включает в себя:
- 1) состав и количественные значения показателей надежности для системы в целом или ее подсистем;
- 2) перечень аварийных ситуаций, по которым должны быть регламентированы требования по надежности, и значения соответствующих показателей;
- 3) требования по надежности технических средств и программного обеспечения;
- 4) требования к методам оценки и контроля показателей надежности на разных стадиях создания системы в соответствии с действующими нормативно-техническими документами.

- Разработку требований надежности осуществляют проектные организации или проектные отделы компании. Однако можно рассчитать показатели надежности самостоятельно.
- Автоматизированную систему управления, как и любую сложную систему, целесообразно рассматривать как совокупность элементов с определенной взаимосвязью между собой, таких как ТСА (технические средства автоматизации), ПО (программное обеспечение) и ОП (оперативный персонал).

- Приблизительно надежность АСУ ТП оценивают с учетом только комплекса технических средств, как оказывающих наиболее существенное влияние на надежность системы в целом. Тем не менее, опыт разработки и применения АСУ свидетельствует также, что важнейшей проблемой является надежность сложных управляющих программ, работающих в реальном масштабе времени. Из-за наличия скрытых ошибок в программах могут возникать аварийные ситуации и значительно снижаться эффективность АСУ.
- Поэтому в данном разделе будут рассмотрены все основные элементы системы (датчики, модули, ПО, приводы и т.д.) и их работа на безотказность, их рабочий ресурс, ремонтпригодность и их сохраняемость.

Основные понятия теории надежности

- Прежде всего, для понимания теории расчета надежности необходимо ознакомиться с основными понятиями, которые будут встречаться в дальнейшем. В основу их перечня положен ГОСТ 34.602-89.

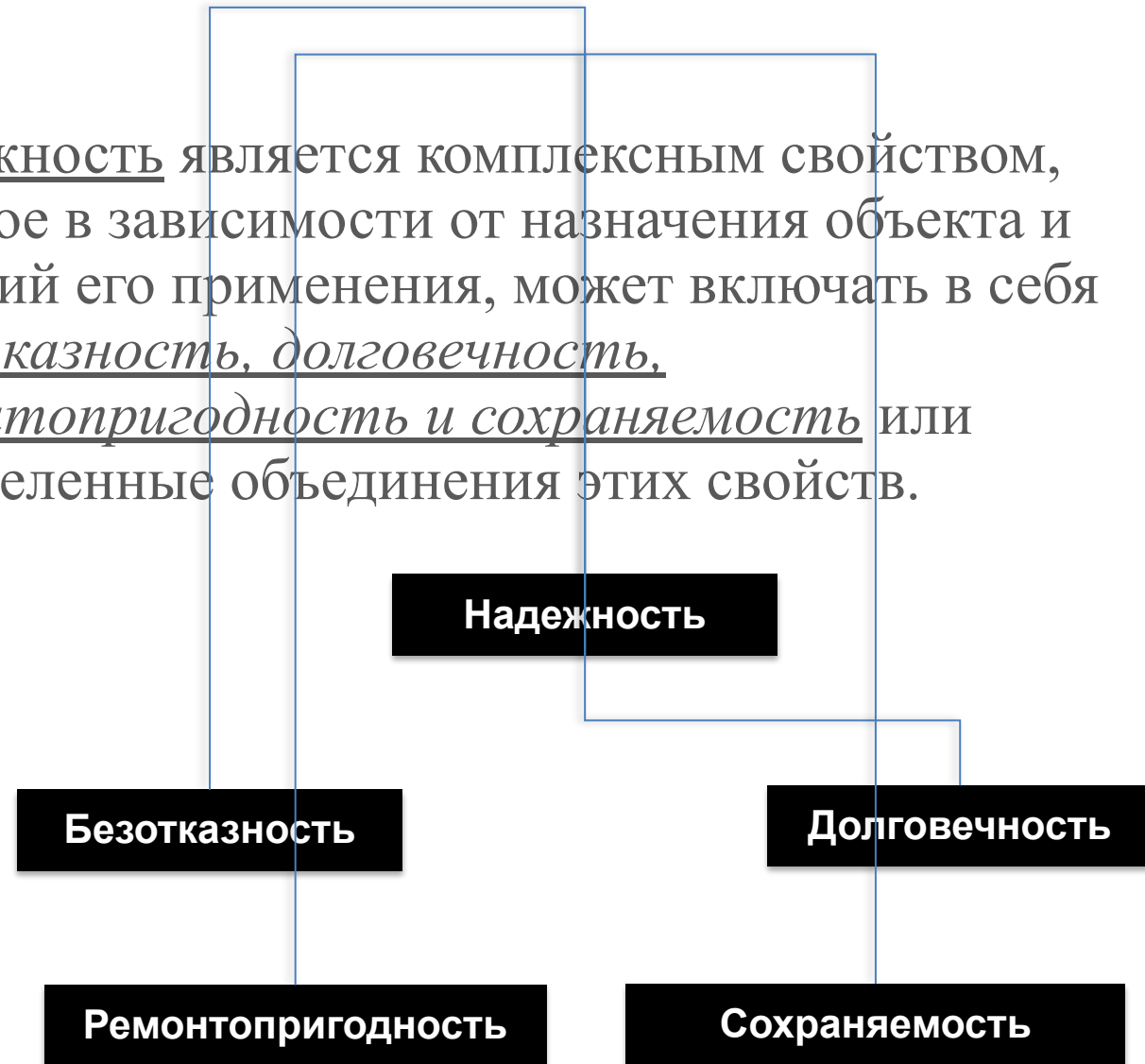
- *Надежность автоматизированных систем управления* — свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих определенным режимам и условиям пользования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.
- Это можно продемонстрировать в виде простой схемы. Для системы задается срок службы, и предельные значения параметров. Пока параметры находятся в заданных пределах, система работоспособна и наоборот, если параметры вышли за значения пределов, то произошел отказ.

- **Надежность АСУ ТП** определяется как способность этой системы и ее отдельных элементов обеспечивать бесперебойную работу технологического процесса, не приводящую к срыву производства и авариям в электрической и технологической частях.
- Как пример, можно привести надежность системы электроснабжения, которая характеризуется повреждаемостью оборудования, ожидаемой продолжительностью бесперебойной работы, длительностью перерыва питания электроэнергией, а также ущербом от перерыва питания и другими факторами.

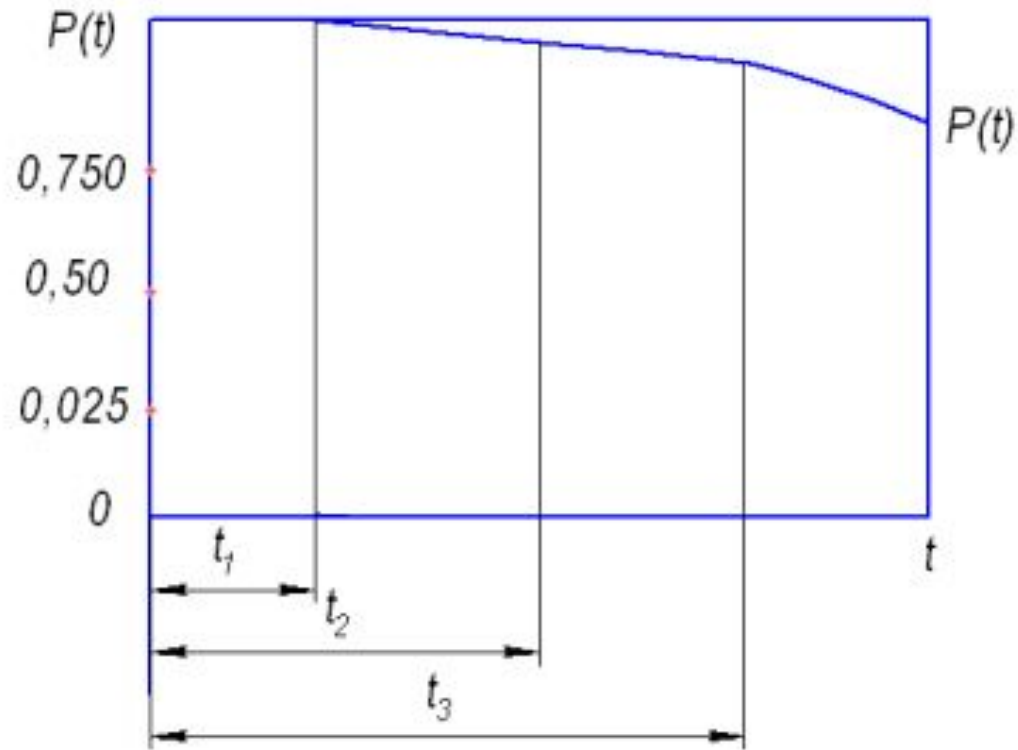
- Предметом надежности является изучение причин, вызывающих отказы объектов, определение закономерностей, которым они подчиняются, разработка способов количественного измерения надежности, методов расчета и испытаний, а также разработка путей и средств повышения надежности.

Надежность и ее составляющи е

- Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения, может включать в себя безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные объединения этих свойств.



Зависимость вероятности безотказной работы $P(t)$ от времени эксплуатации



- **безотказность** автоматизированных систем управления — свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени и в определенных условиях;
-
- Достоинство показателя безотказности — возможность достаточно просто судить о надежности. Безотказность систем меняется во времени или по мере увеличения наработки (рисунок).
- Безотказность характеризуется:
- - вероятностью безотказной работы $P(t)$;
- - интенсивностью отказов λ ;
- - наработкой на отказ.

- **ремонтпригодность** автоматизированных систем управления — свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения его отказов, повреждений и устранению их последствий путем технического обслуживания и ремонта.

Характеристики ремонтпригодности:

- Простота и удобство разборки и сборки руками или с минимальным набором инструментов
- Заложенное при конструировании деление изделия на легко заменяемые элементы (модули, блоки)
- Комплектование изделия обоснованным при его создании набором запасного имущества, инструмента, расходных материалов
- Возможность быстрого поиска подлежащего замене элемента отказавшего изделия
- Наличие понятных и полных указаний по ремонту в составе технической документации

- **сохраняемость** автоматизированных систем управления — свойство объекта непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после хранения и (или) транспортирования;

К показателям сохраняемости отнесены следующие показатели надёжности:

- Вероятность безотказного хранения
- Вероятность отказа при хранении
- Интенсивность отказа при хранении
- Средний срок сохраняемости — математическое ожидание сохраняемости;
- Гамма-процентный срок сохраняемости — срок сохраняемости достигаемый объектом с заданной вероятностью γ , выраженной в %.

- ***долговечность*** автоматизированных систем управления — свойство объекта сохранять работоспособность (выполнять требуемые функции) до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.

Долговечность характеризуется:

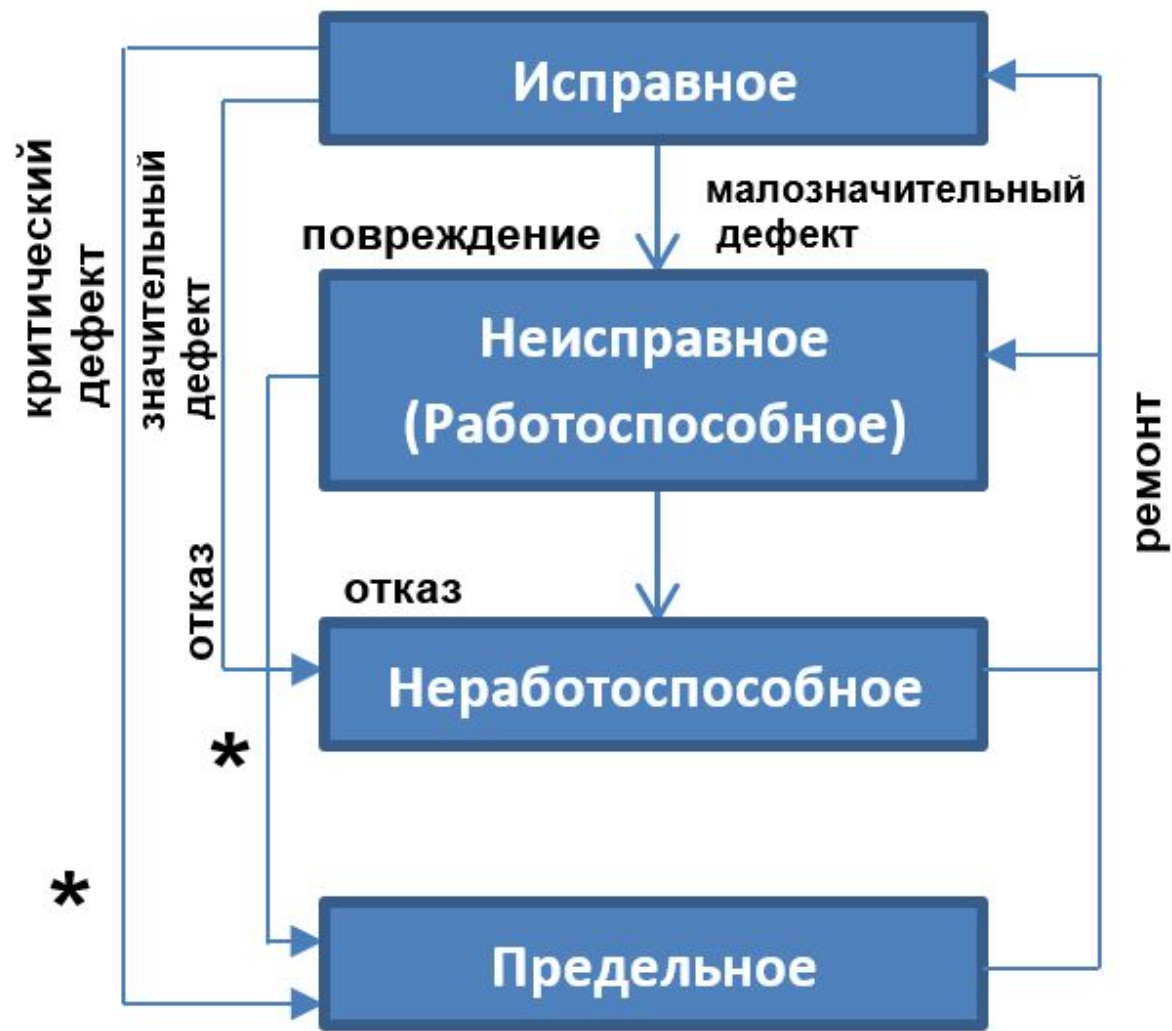
- - средним ресурсом;
- - средним сроком службы.

Состояние объекта

- Надежность использует понятие объекта.
- Объектами являются те или иные технические средства: отдельные детали, узлы, сооружения, машины, подсистемы, аппаратура, функциональные единицы, устройства, элементы или любая их часть, которая рассматривается с точки зрения надежности как самостоятельная единица.
- Надежность является составляющим показателем качества объекта. Таким образом, чем выше надежность объекта, тем выше его качество.

- Объект характеризуется жизненным циклом.
- Жизненный цикл объекта состоит из ряда стадий: проектирование объекта, изготовление объекта, эксплуатация объекта.
- Каждая из этих стадий жизненного цикла влияет на надежность изделия.
- На стадии проектирования объекта закладываются основы его надежности, на которую влияют: выбор материалов (прочность материалов, износостойкость материалов), запасы прочности деталей и конструкции в целом, удобство сборки и разборки, механическая и тепловая напряженность конструктивных элементов, резервирование важнейших или наименее надежных элементов и другие меры.

- На стадии изготовления надежность определяется выбором технологии производства, соблюдением технологических допусков, качеством обработки сопрягаемых поверхностей, качеством используемых материалов, тщательностью сборки и регулировки.
- На стадии проектирования и изготовления определяются конструктивно-технологические факторы, влияющие на надежность объекта. Действие этих факторов выявляется на стадии эксплуатации объекта. Кроме того, на этой стадии жизненного цикла объекта на его надежность влияют и эксплуатационные факторы.



- Для характеристики объекта эксплуатации применяются следующие термины: исправность, неисправность, работоспособное или неработоспособное состояние, предельное состояние.

- **Предельное** состояние - состояние объекта, при котором дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Критерий предельного состояния должен быть установлен в нормативно-технической и конструкторской документации в виде признака или совокупности признаков, после появления которых эксплуатация должна быть прекращена.

Исправное состояние. Состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Неисправное состояние. Состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Работоспособное состояние. Состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Неработоспособное состояние. Состояние объекта, при котором значения хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

*Для описания различных **повреждений объектов** используются следующие термины:*

Отказ - событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Повреждение - событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния. (Обратное событие - переход из неработоспособного состояния в работоспособное, называется восстановлением).

Дефект – каждое отдельное несоответствие объекта установленным требованиям.

Признаки отказа	Вид отказа	Характеристика отказа
Характер возникновения. (Характер изменения параметра до момента возникновения отказа)	Внезапный отказ	Скачкообразное изменение значений одного или нескольких заданных параметров объекта
	Постепенный отказ	Постепенное изменение одного или нескольких параметров за счет медленного, постепенного ухудшения качества объекта
Зависимость. (Связь с отказами других элементов (узлов, устройств)).	Независимый	Отказ не обусловлен повреждениями или отклонениями других элементов (узлов)
	Зависимый	Отказ обусловлен повреждениями или отказами других элементов (узлов, устройств)

Характер проявления отказа	Сбой	Самоустраняющийся отказ, приводящий к кратковременному нарушению работоспособности
	Перемежающийся	Многokrратно возникающий сбой одного и того же характера (возникающий и исчезающий)
	Устойчивый (окончательный)	Отказ, устраняемый только в результате проведения восстановительных работ, является следствием необратимых процессов в деталях и материалах.

Причина возникновения отказа	Конструкционный	Возникает вследствие нарушения установленных правил и норм конструирования
	Производственный	Возникает из-за нарушения или несовершенства технологического процесса изготовления или ремонта объекта
	Эксплуатационный	Возникает вследствие нарушения установленных требований эксплуатации объекта
	Деградационный	Возникает вследствие естественных процессов старения, изнашивания, коррозии и усталости при соблюдении всех установленных правил и (или) норм проектирования, изготовления и эксплуатации.

Характер обнаружения	Явный	Очевидный отказ.
	Скрытый	Отказне обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования, но выявляемый при проведении технического обслуживания или специальными методами диагностики.
Время возникновения отказа	Период приработки	Обусловлен скрытыми производственными дефектами, не выявленными в процессе контроля
	Период нормальной эксплуатации	Обусловлен несовершенством конструкции, скрытыми производственными дефектами и эксплуатационными нагрузками
	Период старения	Обусловлен процессами старения и износа материалов и элементов ТС



В зависимости от способа устранения отказа все объекты разделяют на **ремонтируемые (восстанавливаемые)** и **неремонтируемые (невосстанавливаемые)**.



К **ремонтируемым** относят объекты, которые при возникновении отказа ремонтируют и после восстановления работоспособности снова вводят в эксплуатацию.



Неремонтируемые объекты (элементы) после возникновения отказа заменяют.

Надежность объектов в эксплуатации

- Для определения надежности объектов в эксплуатации используются временные понятия.
- 1. Нарботка - продолжительность или объем работы объекта. Нарботка может быть как непрерывной величиной (продолжительность работы в часах, километраж пробега и т.д.), так и дискретной величиной (число рабочих циклов, запусков).
- 2. Нарботка до отказа - нарботка объекта от начала эксплуатации до возникновения первого отказа.
- 3. Нарботка между отказами - нарботка объекта от окончания восстановления его работоспособного состояния после отказа к возникновению следующей отказа.
- 4. Время восстановления - продолжительность восстановления работоспособного состояния объекта.
- 5. Ресурс - совокупное нарботки объекта от начала его эксплуатации или восстановления после ремонта до перехода в предельное состояние.
- 6. Срок службы - календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или восстановления после ремонта до перехода в предельное состояние.

- Назначение расчета надежности системы?
- Чем характеризуется безотказность систем?
- Чем определяется работоспособное состояние системы?

1. Свойства, характеризующие надежность:

- a) характер возникновения отказа, зависимость, причина возникновения отказа;
- b) безотказность, долговечность, сохраняемость, ремонтпригодность или определенные объединения этих свойств;
- c) ресурс, наработка на отказ, срок службы;
- d) исправность, неисправность, работоспособность, безотказность.

2. Надежность – это:

- a) свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах;
- b) свойство системы, противоположное понятию «отказ»;
- c) состояние объекта, регламентируемое установленной нормативно-технической документацией;
- d) свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения его отказов, повреждений и устранению их последствий путем технического обслуживания и ремонта.

3. Скачкообразным изменением одного или нескольких заданных параметров объекта характеризуется:

- a) постепенный отказ;
- b) внезапный отказ;
- c) частичный отказ.

4. Для характеристики объекта эксплуатации НЕ применяются следующие термины:

- a) исправность;
- b) неисправность;
- c) долговечность;
- d) предельное состояние;
- e) дефект.

5. Долговечность характеризуется:

- a) средним ресурсом;
- b) интенсивностью отказов;
- c) средним сроком службы;
- d) наработкой на отказ.

6. Характер изменения параметра объекта, причины возникновения отказа, характер выявления отказов – признаки классификации:

- a) ресурса;
- b) надежности изделия;
- c) отказов;
- d) объектов.

7. Предельное состояние – это:

- a) наработка объекта от начала эксплуатации до возникновения первого отказа;
- b) состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.
- c) состояние объекта, при котором дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

8. Технически исправный объект:

- a) отвечает всем требованиям нормативно-технической документации;
- b) находится в работоспособном состоянии;
- c) находится в неработоспособном состоянии;
- d) может выполнять часть заданных функций;
- e) другой вариант;