

Белорусский государственный университет транспорта  
кафедра «ЛОКОМОТИВЫ»

## ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

*Лектор: д.т.н., профессор Сосновский Леонид Адамович  
к.т.н., доцент Комиссаров Виктор Владимирович*

*п.з.: ассистент Таранова Елена Сергеевна*

*Лекции – 18 часов*

*Практические занятия – 12 часов*

*Форма контроля знаний – зачет*

*(по всем вопросам обращаться на кафедру ауд. 1403,  
а также в лабораторию ауд. 1415а)*

**ГОМЕЛЬ, 2017**



## Основная:

1. **Сосновский, Л.А.** Элементы теории вероятностей, математической статистики и теории надёжности / Л.А. Сосновский. – Гомель; БелГУТ, 1994. – 146 с. (в НТБ БелГУТа).
2. **Шевченко Д.Н.** Основы теории надёжности : учеб.-методич. пособие для студ. техн. спец./ Д. Н. Шевченко; под ред. Л.А. Сосновского. – Гомель: БелГУТ, 2010. – 250 с. (в НТБ БелГУТа)
3. **Богданович А.В.** Оценка основных показателей надёжности и риска невозстанавливаемых изделий / А.В. Богданович, О.М. Еловой, Л.А. Сосновский. – Гомель : БелГУТ, 1995 г. – 95 с. (в НТБ БелГУТа)

## Дополнительная:

- **Сосновский, Л.А.** Вероятностные методы расчета на прочность при линейном и сложном напряженных состояниях в 2-х частях: Метод. указания по изучению курса «Сопротивление материалов»/ Л.А. Сосновский. – Гомель: БелИИЖТ, 1984. – 74с. (в НТБ БелГУТа).
1. **Сосновский, Л.А.** L-риск (механотермодинамика необратимых повреждений) / Л.А. Сосновский. – Гомель: БелГУТ, 2004. – 317 с.
  2. **Сосновский, Л.А.** Комплексная оценка надёжности силовых систем по критериям сопротивления усталости и износостойкости (основы трибофатики): Метод. указания по изучению курса «Надёжность транспортных систем, машин и сооружений» для студентов транспортных вузов / Л.А. Сосновский. – Гомель: БелИИЖТ, 1988. –56 с. (в НТБ БелГУТа ).
  3. **Богданович, А.В.** Оценка надёжности простого коленчатого вала. Надёжность по критериям трибофатики: Пособие по курсу «Основы теории надёжности» / А.В. Богданович, О.М. Еловой, Л.А. Сосновский. – Гомель: БелГУТ, 2002. – Ч.2.–30 с. (в методическом кабинете кафедры – 5 экз.).
  4. **Сосновский, Л.А.** Показатель безопасности и оперативная характеристика риска / Л.А. Сосновский. – Гомель, БелИИЖТ, 1991. (в НТБ БелГУТа).



## **Лекция 1. Надежность в технике**

**Лекция 2. Отказы и их причины. Статистический анализ**

**Лекция 3. Оценка показателей надежности: модель отказов**

**Лекция 4. Рассеяние характеристик прочности и нагруженности**

**Лекция 5. Оценка показателей надежности: модель нагрузка-прочность (часть1)**

**Лекция 6. Оценка показателей надежности: модель нагрузка-прочность (часть2)**

**Лекция 7. Схемная надежность**

**Лекция 8. Надежность трибофатической системы**

**Лекция 9. Концепция риска. Оценка безопасности.**



# Лекция 1

## НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ



# ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ



**Надежность** – свойство объекта сохранять во времени и в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования

**Объект** – техническое изделие определенного целевого назначения, рассматриваемое в периоды проектирования, производства, испытаний и эксплуатации.

Объектами могут быть различные системы и их элементы.

**Элемент** – простейшая составная часть изделия, в задачах надежности может состоять из многих деталей.

**Система** – совокупность совместно действующих элементов, предназначенная для самостоятельного выполнения заданных функций.



# Таблица 1. СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ



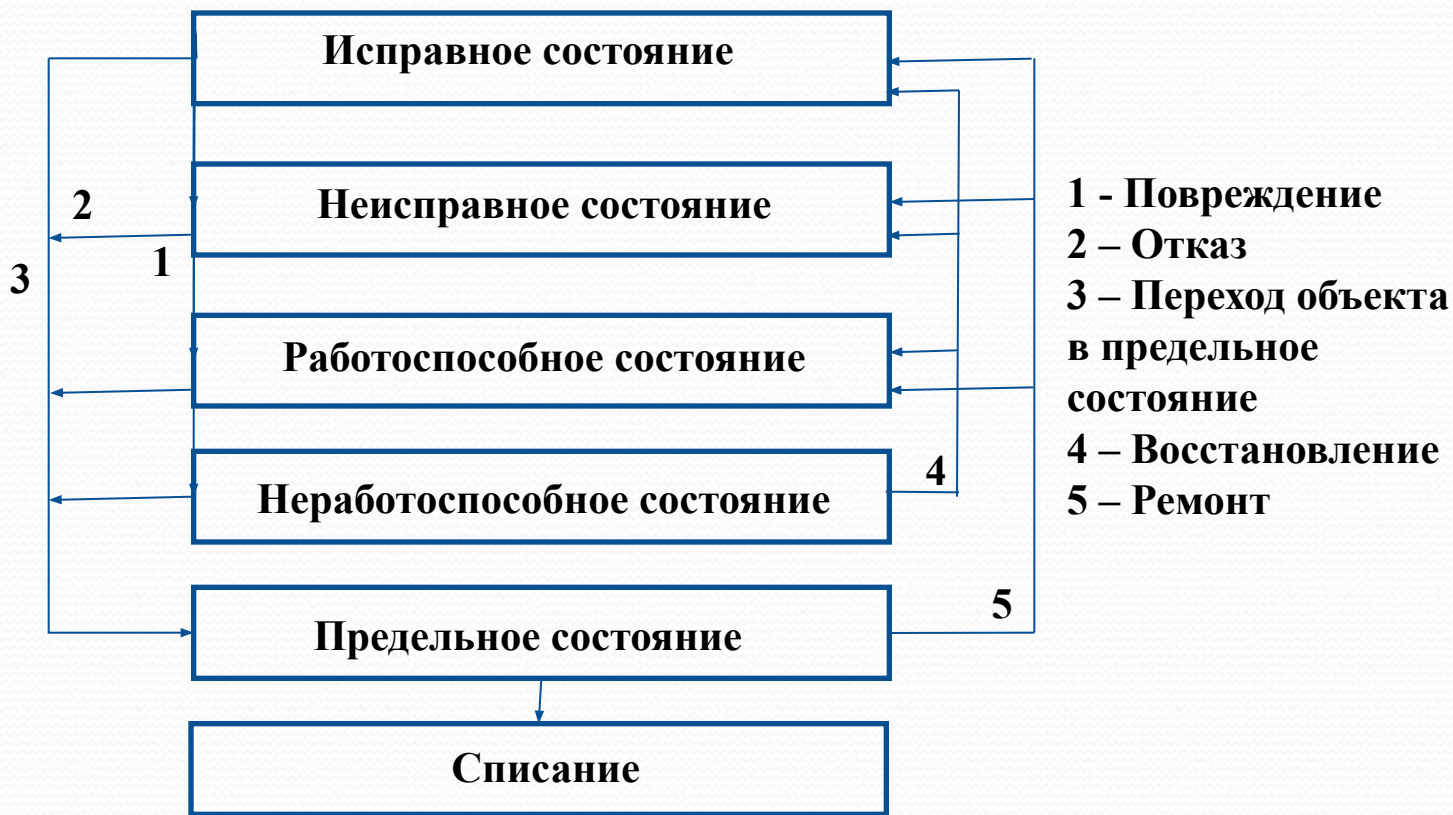
<b>Понятие</b>	<b>Определение</b>
<b>Исправное состояние</b>	Состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации
<b>Неисправное состояние</b>	Состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации
<b>Работоспособное состояние</b>	Состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации
<b>Неработоспособное состояние</b>	Состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации
<b>Предельное состояние</b>	Состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно, либо восстановление его исправного или работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно
<b>Критерий предельного состояния</b>	Признак или совокупность признаков предельного состояния объекта, установленные нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией



# Таблица 2. СОБЫТИЯ



Понятие	Определение
Повреждение	Событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния
Отказ	Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта



**Схема основных состояний объекта и событий**



## Таблица 3. СВОЙСТВА ОБЪЕКТОВ



Понятие	Определение
<b>Безотказность</b>	Свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность (т. е. не иметь отказов) в течение некоторого времени или некоторой наработки
<b>Долговечность</b>	Свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания
<b>Ремонтопригодность</b>	Свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонта
<b>Сохраняемость</b>	Свойство объекта сохранять значение показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после хранения и (или) транспортирования





# Таблица 4. СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ



<i>Понятие</i>	<i>Определение</i>
<b><i>ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ</i></b>	
<b>Наработка</b>	Продолжительность или объем работы объекта
<b>Наработка до отказа</b>	Наработка объекта от начала его эксплуатации до возникновения первого отказа
<b>Технический ресурс</b>	Наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта определенного вида до перехода в предельное состояние
<b>Срок службы</b>	Календарная продолжительность от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после ремонта определенного вида до перехода в предельное состояние



# Таблица 4. СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ



Понятие	Определение
<b><i>ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОТКАЗНОСТИ</i></b>	
<b>Вероятность безотказной работы</b>	Вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникает
<b>Средняя наработка до отказа</b>	Математическое ожидание наработки объекта до первого отказа
<b>Гамма-процентная наработка до отказа</b>	Наработка, в течение которой отказ объекта не возникает, с вероятностью $\gamma$ , выраженной в процентах
<b>Средняя наработка на отказ</b>	Отношение наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки
<b>Интенсивность отказов</b>	Условная плотность вероятности возникновения отказа невосстанавливаемого объекта, определяемая для рассматриваемого момента времени при условии, что до того момента отказ не возник
<b>Параметр потока отказов</b>	Показатель надежности восстанавливаемых изделий, равный отношению среднего числа отказов восстанавливаемого объекта за произвольную малую его наработку к значению этой наработки (соответствует интенсивности отказов для неремонтируемых изделий, но включает повторные отказы)



# Таблица 4. СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ



<i>Понятие</i>	<i>Определение</i>
<b><i>ПОКАЗАТЕЛИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ</i></b>	
<b>Средний ресурс</b>	Математическое ожидание ресурса
<b>Гамма-процентный ресурс</b>	Наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния, с заданной вероятностью $\gamma$ , выраженной в процентах
<b>Назначенный ресурс</b>	Суммарная наработка объекта, при достижении которой применение по назначению должно быть прекращено
<b>Средний срок службы</b>	Математическое ожидание срока службы
<b>Гамма-процентный срок службы</b>	Календарная продолжительность от начала эксплуатации объекта, в течение которой он не достиг предельного состояния с заданной вероятностью $\gamma$ , выраженной в процентах
<b>Назначенный срок службы</b>	Календарная продолжительность эксплуатации объекта, при достижении которой применение по назначению должно быть прекращено



# Таблица 4. СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ



<i>Понятие</i>	<i>Определение</i>
<b><i>ПОКАЗАТЕЛИ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ</i></b>	
<b>Вероятность восстановления работоспособного состояния</b>	Вероятность того, что время восстановления работоспособного состояния объекта не превысит заданного
<b>Среднее время Восстановления работоспособного состояния</b>	Математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния



# Таблица 4. СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ



Понятие	Определение
<b><i>ПОКАЗАТЕЛИ СОХРАНЯЕМОСТИ</i></b>	
<b>Средний срок Сохраняемости</b>	Математическое ожидание срока сохраняемости
<b>Гамма-процентный срок сохраняемости</b>	Срок сохраняемости, достигаемый объектом с заданной вероятностью $\gamma$ , выраженной в процентах



# Таблица 4. СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ



Понятие	Определение
<b><i>КОМПЛЕКСНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ</i></b>	
<b>Коэффициент Готовности</b>	Вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается
<b>Коэффициент оперативной Готовности</b>	Вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается, и, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени
<b>Коэффициент технического использования</b>	Отношение математического ожидания интервалов времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к сумме математических ожиданий интервалов времени пребывания объекта в работоспособном состоянии, простоев, обусловленный техническим обслуживанием, и ремонтов за тот же период эксплуатации
<b>Коэффициент планируемого применения</b>	Доля периода эксплуатации, в течение которой объект не должен находиться в плановом техническом обслуживании и ремонте
<b>Коэффициент сохранения эффективности</b>	Отношение значения показателя эффективности за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленного при условии, что отказы объекта в течении того же периода эксплуатации не возникают