

## ЛЕКЦИЯ 7.

# ИСПЫТАНИЯ МАШИН НА НАДЕЖНОСТЬ



## План лекции

- 1. Цель испытаний на надежность.**
- 2. Виды испытаний на надежность.**
- 3. Объект испытания на надежность.**
- 4. Характеристики, оцениваемые при испытании на надежность.**
- 5. Испытания опытных и серийных образцов.**



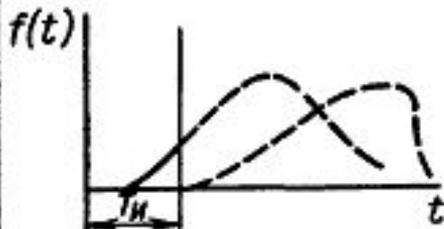
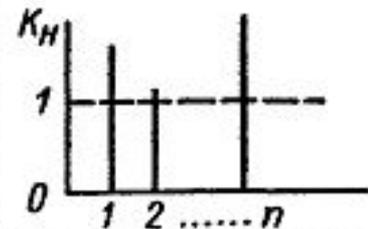
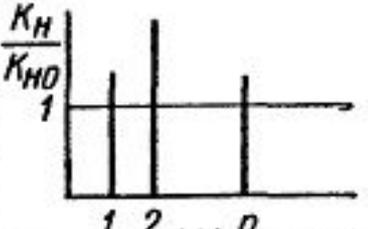
**1. Основная цель испытаний на надежность** — определить уровень надежности изделия и оценить его числовыми показателями. Знание уровня надежности изделия и его зависимости от основных факторов позволит решить широкий круг вопросов, таких, как подтверждение установленных характеристик надежности, выявление слабых мест изделия и разработка мероприятий по повышению его надежности, применение рациональной системы ремонта и ТО машины, определение эффективности и экономической целесообразности дальнейшей эксплуатации машины, а также произвести проверку расчетов и прогнозов, выполняемых при проектировании изделия и оценить качество технологического процесса, обеспечившего его изготовление



*Испытания на надежность любого, а тем более сложного изделия являются весьма **трудной** задачей, поскольку они связаны со значительными затратами времени и должны учитывать широкий диапазон режимов и условий работы изделия. Результаты испытания, как правило, дают сведения о надежности изделий данного типа с большей или меньшей полнотой и степенью достоверности и позволяют получить одну из следующих характеристик.*



# Характеристики, получаемые в результате испытания изделия на надежность

Вариант	Результат испытания	Показатель	Могут быть определены
1		$P(t)$ $K_H(t)$ $\omega$	Все основные показатели надежности
2		$P(t \leq T_H)$	Показатели надежности для ограниченного периода времени
3		$K_H'$	Запас надежности
4		$\frac{K_H}{K_{H0}}$	Сравнительные показатели



*1. Законы распределения сроков службы (наработки) до отказа для каждого из выходных параметров изделия с учетом условий и режимов его работы. Эта характеристика является наиболее полной и позволяет определить все необходимые показатели надежности, и, в первую очередь, вероятность безотказной работы за данный период времени  $P(t = T)$ . Однако получение законов распределения  $f(t)$  хотя и является весьма желательным, обычно трудно осуществимо. Оно требует большого статистического материала, который связан с длительными испытаниями и большими материальными затратами. Законы распределения могут быть практически получены лишь для простых изделий или образцов.*



*2. Случай, когда определены отдельные параметры законов распределения или получены данные, неполно характеризующие эти законы, является типичным результатом испытания на надежность многих объектов. Например, может быть определена вероятность безотказной работы изделия в течение заданного периода времени, но остается неизвестной характеристика безотказности для более длительного периода работы изделия или закон распределения сроков службы и его параметры определены лишь с известной степенью достоверности. По этой ограниченной информации также надо сделать заключение об уровне надежности изделия.*



*3. Сложность и продолжительность испытаний может привести к невозможности оценки изменения выходных параметров изделия во времени. В этом случае показателем может служить запас надежности по каждому из параметров, который хотя и не связан с временем, но дает определенную информацию о надежности изделия.*



*4. Во многих случаях из-за сложности задачи вообще невозможно оценить уровень надежности изделия в абсолютных значениях, а лишь сравнить его в относительных показателях применительно к прототипу или аналогичным изделиям. Испытание может дать ответ, во сколько раз, например, возрастает безотказность или долговечность нового изделия, работающего в аналогичных условиях, что и прототип, не решая вопроса о действительном уровне надежности изделия.*



При планировании и проведении испытаний всегда борются **две противоположные тенденции**: желанию получить наиболее полную характеристику надежности препятствуют длительность и стоимость испытания. Для высоконадежных изделий часто никакие затраты не могут ускорить получение информации о показателях надежности, и фактор времени является основным критерием при выборе метода и объема испытаний на надежность.



---

**2.** По месту проведения испытаний  
они могут быть

- стендовыми;
- полигонными;
- эксплуатационными.



**Стендовые** испытания обеспечивают постоянное наблюдение за процессом потери машиной, узлом или сопряжением работоспособности и дают возможность получать необходимые сведения о надежности и долговечности объекта испытаний.

На стендах испытываются как отдельные узлы и механизмы машины, так и машина в целом. При разработке методики испытаний нужно стремиться к тому, чтобы режимы и условия испытаний в наибольшей степени соответствовали эксплуатационным.



**Наибольшая трудность при испытании на надежность и долговечность заключается в длительности испытаний. Стендовые испытания продолжаются обычно до тех пор, пока не возникнет отказ или пока изделие не проработало заданного срока без отказа.**

**Поскольку сроки службы деталей и узлов современных машин достаточно велики, то во многих случаях приходится проводить испытания в более тяжелых условиях, чем нормальные условия эксплуатации.**



**Эксплуатационные и полигонные** испытания опытных и серийных образцов машин широко применяются для получения данных о надежности и долговечности изделий. При этом стремятся создать наиболее тяжелые условия эксплуатации, чтобы проверить работоспособность всех узлов и механизмов. Так, опытные образцы автомобилей перед их серийным производством испытываются на специально выбранных или даже искусственно созданных плохих дорогах и в различных климатических условиях. Эксплуатационные испытания позволяют выявить недолговечные элементы машины, правильность взаимодействия узлов и механизмов и их работоспособность в реальных условиях функционирования.



**Недостатком** таких испытаний является, во-первых, не всегда достижимая **длительность испытания**, соответствующая нормальной эксплуатации (например, опытный образец станка нельзя заставить работать 5—10 лет), и, во-вторых, результат испытания, характеризующий параметры надежности выбранного объекта (индивидуальная надежность), не дает представления о дисперсии сроков службы и даже об их средних значениях для данной модели машины.



**Поэтому большое значение имеют ускоренные испытания, при которых необходимый объем информации о надежности получается в более короткий срок, чем при нормальных условиях и режимах эксплуатации. При проведении контрольных испытаний на надежность в ряде случаев рекомендуют их подразделять на испытания на безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость и долговечность.**



### **3. Объектом испытаний могут быть:**

**образцы**, если испытываются свойства материалов, определяющие долговечность изделий (испытания на износостойкость, усталостную прочность, коррозионную стойкость и т. п.);

**детали**, сопряжения и кинематические пары — для учета влияния конструктивных и технологических факторов на срок службы данных сопряжений (испытание подшипников, зубчатых колес, направляющих, шарниров и т. п.);



**узлы машины, когда учитывается взаимодействие отдельных механизмов и элементов конструкции и их влияние на показатели работоспособности (испытание коробок скоростей и редукторов, двигателей, гидроагрегатов, систем управления, отдельных функциональных узлов машины);**

**машина в целом, когда учитывается взаимодействие всех механизмов и узлов в машине, условия ее эксплуатации и режимы работы (стендовые и эксплуатационные испытания станков, автомобилей, текстильных машин и др.);**



***система машин, когда показатели надежности учитывают взаимодействие отдельных машин, связанных в единый производственный комплекс (надежность работы технологических автоматических линий или цехов на заводе, самолетов с учетом оборудования аэродромов, машин и агрегатов корабля и т. п.).***



**4. Могут быть две основные группы характеристик изделия, которые являются объектом измерения и оценки при испытании на надежность.**

**1. Характеристики процессов старения и разрушения и определение соответствующей им степени повреждения изделия.** Так, при испытании изучается протекание процессов изнашивания, коррозии деформации, усталостных разрушений, нагарообразования и других, которые являются основной причиной потери изделием работоспособности.



**2. Характеристики изменения выходных параметров изделия (точности, КПД, несущей способности и т.д.), выход которых за допустимые пределы приводит к отказу. Хотя изменения параметров изделия и являются следствием процессов повреждения, но они могут зависеть от нескольких процессов, с невыявленными функциональными связями и, в первую очередь, интересовать практику.**



**Оценка процессов повреждения или выходных параметров изделия или того и другого вместе зависит от объекта испытания и поставленных задач. В общем виде можно отметить, что чем сложнее объект испытания, тем большая доля общего объема испытаний приходится на оценку выходных параметров, что схематично показано на рисунке.**





**Измерение характеристик объекта при испытании на надежность в зависимости от его сложности**



**5.** При проведении испытаний на надежность необходимо распределять их объем между опытным и серийным производством машины, установить основные виды испытаний и так спланировать их последовательность, чтобы быстрее получить необходимую информацию и внести соответствующие изменения в конструкцию изделия. В этом отношении большой опыт накоплен передовыми машиностроительными заводами.



*Кроме того, при испытании на надежность серийных образцов должно быть учтено следующее:*

- 1) экспериментально проверены те конструктивные изменения, которые внесены в машину в результате отработки на макете, а также изменения и модификации, предложенные конструкторами серийного конструкторского бюро;*
- 2) расширены и углублены исследования условий и режимов работы элементов конструкции в реальных условиях эксплуатации, так как на опытном образце эти исследования, как правило, проводятся в небольшом объеме;*
- 3) выявлены причины отказов изделий в процессе производственных проверок и при эксплуатации первых экземпляров.*



**Следует иметь в виду, что на практике имеют место расхождения в оценке надежности, определенной на основании испытания изделия, и реальным уровнем надежности, полученным из сферы эксплуатации. Причины этих расхождений должны быть выявлены. Они связаны либо с испытанием (недостаточность данных, неправильная методика испытаний), либо с методами эксплуатации (нарушаются установленные ТУ или режимы работы, машина эксплуатируется в условиях, для которых не предназначена, не соблюдается система ремонта и ТО). Правильно построенные испытания могут дать объективную характеристику уровня надежности не только испытываемого изделия, но и всей совокупности изделий данного типа.**

