

# Лекция 1

## Содержание

- 1 Общие понятия курса ДМ*
- 2 Этапы создания деталей, узлов и машин*
- 3 Требования к машинам и критерии их качества*
- 4 Критерии работоспособности*
- 5 Общие принципы прочностных расчётов*
- 6 Классификация нагрузок*
- 7 Предел выносливости (усталости)*
- 8 Диаграмма предельных напряжений (диаграмма Смита)*
- 9 Диаграмма предельных амплитуд (диаграмма Хейга)*
- 10 Коэффициенты снижения предела выносливости*
- 11 Понятие об автоматизированном проектировании*
- 12 Классификация деталей машин*

# Процесс создания машин

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ** – создание прообраза объекта, представляющего в общих чертах его основные параметры.

**КОНСТРУИРОВАНИЕ** - весь процесс от идеи до изготовления машин, цель – создание рабочей документации. **ТВОРЧЕСТВО** – материальная или духовная деятельность, порождающая нечто новое или новую комбинацию известного.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ** – документ, содержащий общее представление о назначении, технических характеристиках и принципиальном устройстве будущего изделия.

**ИЗОБРЕТЕНИЕ** – новое решение технической задачи, дающее положительный эффект.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ** – дополнительные или уточнённые требования к изделию, которые не могли быть указаны в ТЗ.

**РАСЧЁТ** – численное определение усилий, напряжений и деформаций в деталях, установление условий их нормальной работы; выполняется на каждом этапе конструирования.

**ЭСКИЗИРОВАНИЕ** – процесс создания эскиза (рисунка), фиксирующего замысел и содержащего основные очертания создаваемого объекта.

**КОМПОНОВКА** – расположение основных деталей, узлов, сборочных единиц будущего объекта.

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА** – текстовый документ (ГОСТ 2.102-68), содержащий описание устройства и принципа действия изделия, а также технические характеристики, экономическое обоснование, расчёты, указания по подготовке изделия к эксплуатации.

**ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ МАШИН** :

- Разработка технического предложения по ГОСТ 2.118-73.
- Разработка эскизного проекта по ГОСТ 2.119-73.
- Разработка технического проекта по ГОСТ 2.120-73.
- Разработка документации для изготовления изделия.
- Корректировка документации по результатам изготовления и испытания изделия.

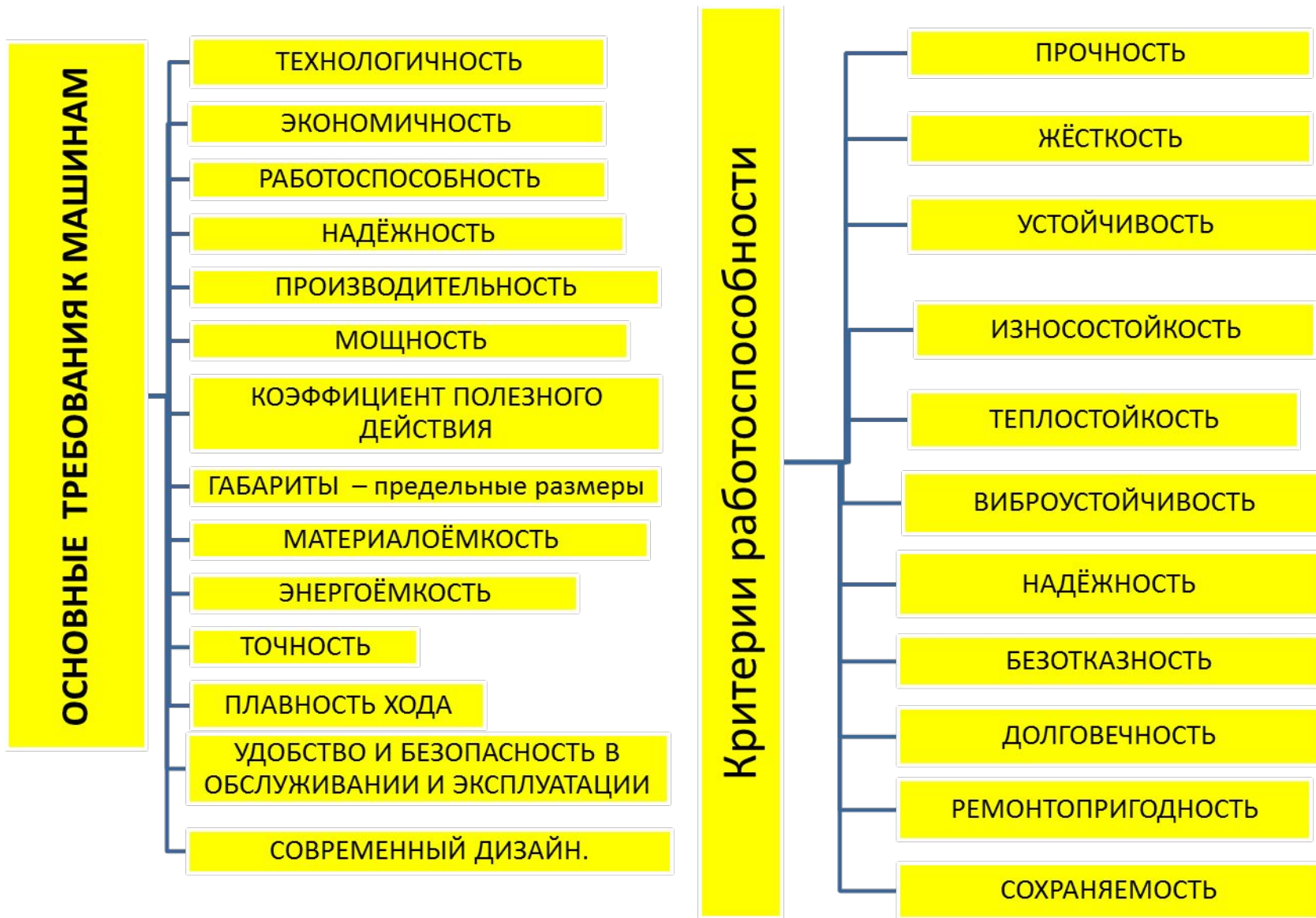
**СПЕЦИФИКАЦИЯ** – текстовый табличный документ, определяющий состав изделия (ГОСТ 2.102-68).

**ЧЕРТЁЖ** – точное графическое изображение объекта, содержащее полную информацию об его форме, размерах и основных технических условиях изготовления.

# Базовые определения ДМ

- **ДЕТАЛЬ** – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций
- **ЗВЕНО** – группа деталей, образующая подвижную или неподвижную относительно друг друга механическую систему тел.
- **СБОРОЧНАЯ ЕДИНИЦА** – изделие, составные части которого подлежат соединению на заводе изготовителе
- **УЗЕЛ** – законченная сборочная единица, состоящая из деталей общего функционального назначения
- **МЕХАНИЗМ** – система деталей, предназначенная для передачи и преобразования движения.
- **АППАРАТ** – прибор, устройство, приспособление, обычно некая автономно-функциональная часть более сложной системы.
- **АГРЕГАТ** – унифицированный функциональный узел, обладающий полной взаимозаменяемостью.
- **АВТОМАТ** – машина, работающая по заданной программе без оператора.
- **МАШИНА** – система деталей, совершающая механическое движение для преобразования энергии, материалов или информации с целью облегчения труда.
- **РОБОТ** – машина, имеющая систему управления, позволяющую ей самостоятельно принимать исполнительские решения в заданном диапазоне.
- **ДЕТАЛИМАШИН** – научная дисциплина, занимающаяся изучением,

# Требования к машинам и критерии их качества

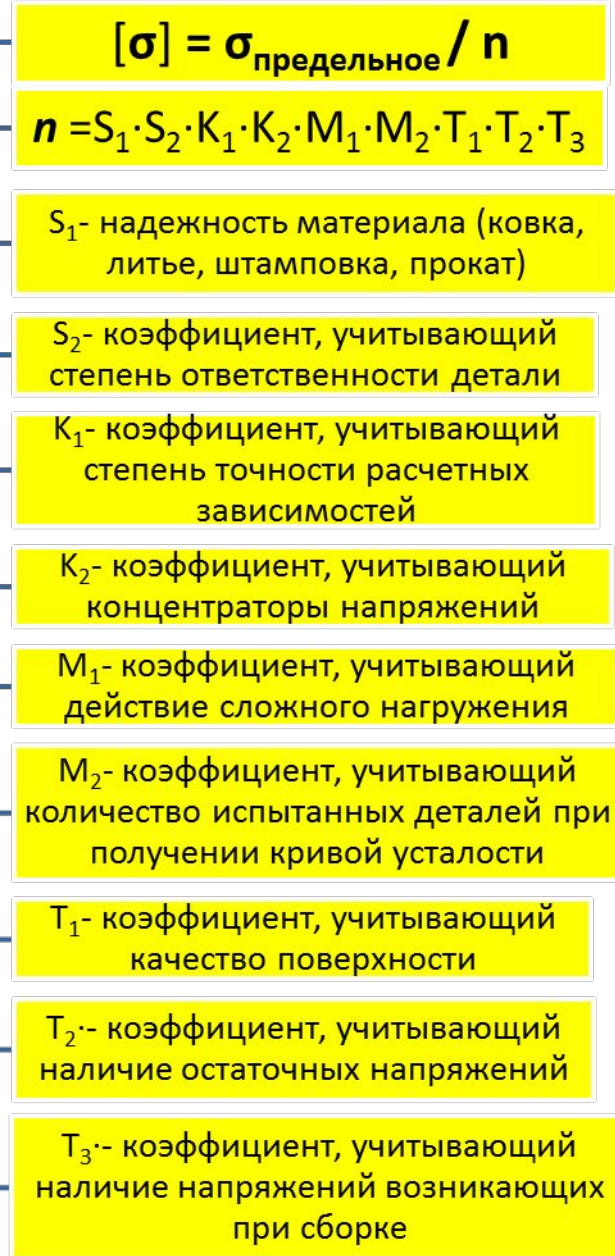


# Общие принципы прочностных расчётов при

## конструировании

Условия	прочности
$\sigma \leq [\sigma]$ $\tau \leq [\tau]$	$\sigma_{н} = 0,418 \sqrt{\frac{qE_{нр}}{\rho_{нр}}} \leq \sigma_{нр}$
1 При конструировании деталей не допускать резких переходов ( резких изменений формы соседних поверхностей).	2 Конструктивные формы детали должны обеспечить, по возможности, равную прочность всех ее сечений.
3 Конструктивные формы детали должны обеспечивать близкое к равномерному распределение напряжений по сечению детали. С этой целью применяют тонкостенные прокатные и прессованные профили, трубы и т. д	4 Все этапы проектирования, каждый шаг конструктора сопровождается расчётами. Это естественно, т.к. грамотно выполненный расчёт намного проще и в сотни раз дешевле экспериментальных испытаний.
<b>Виды</b>	<b>расчетов</b>
Проектировочный	Проверочный

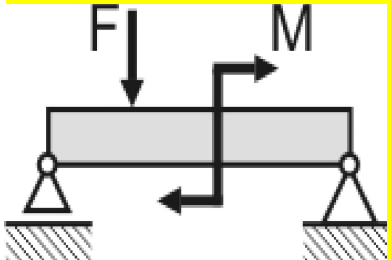
### Выбор допускаемых напряжений и коэффициентов безопасности



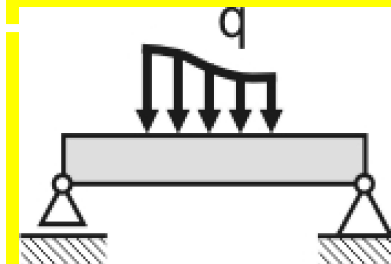
# Классификация нагрузок

## Силовые факторы

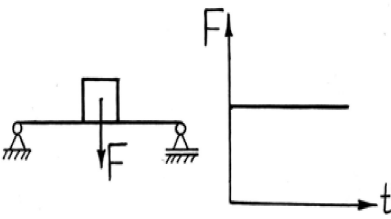
## Характер изменения



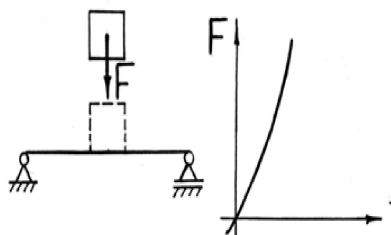
**Сосредоточенные нагрузки** – силы и моменты, площадь действия которых мала по сравнению с размерами объекта (приложены в точке)



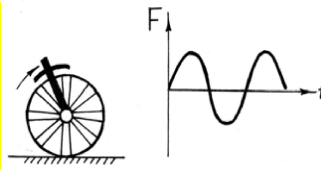
**Распределенные нагрузки** – силы, действующие :  
 - на некоторой длине,  $[q]=Н/м$ ;  
 - по некоторой площадке,  $[q]=Н/м^2$ ;  
 - по объему,  $[q]=Н/м^3$



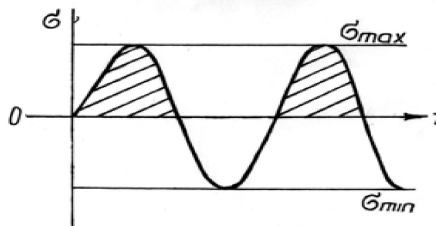
**Статические нагрузки** медленно и плавно возрастают от нуля до своего конечного значения, а затем остаются неизменными



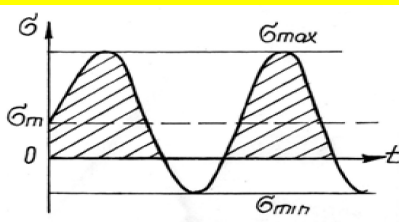
**Динамические нагрузки** сопровождаются ускорениями, как деформированного тела, так и взаимодействующих с ним тел.



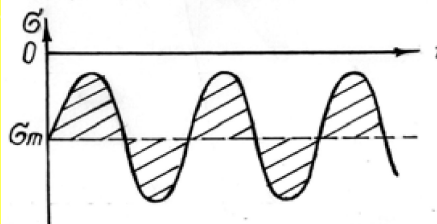
**Повторно-переменное (циклическое) нагружение** – нагрузки, меняющиеся во времени по величине (а возможно и по знаку)



**симметричный цикл** – максимальное и минимальное напряжения равны по абсолютной величине и противоположны по знаку  $R = -1$ ,

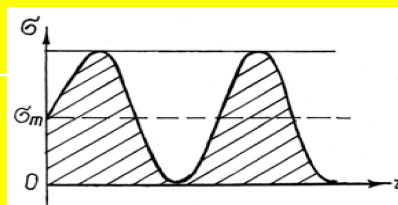


**асимметричный цикл** – максимальное и минимальное напряжения не равны по абсолютной величине, при этом асимметричный цикл может быть **знакопеременным** или **знакопостоянным**



**знакопеременный цикл** – максимальное и минимальное напряжения не равны по абсолютной величине и противоположны по знаку ( $R < 0, R \neq -1$ )

**знакопостоянный цикл** – максимальное и минимальное напряжения не равны по абсолютной величине и имеют одинаковый знак ( $R > 0, R \neq 1$ )



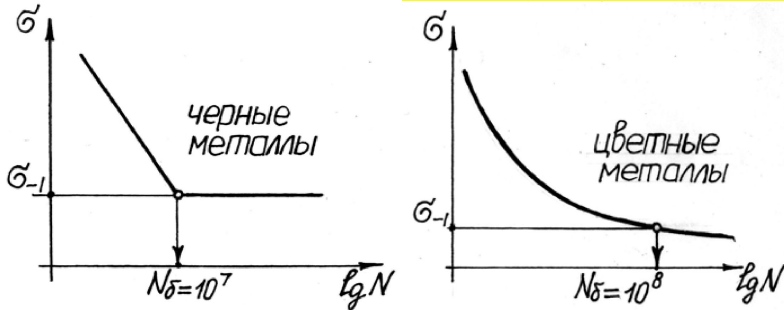
**пульсирующий цикл (отнулевой)** – максимальное или минимальное напряжения равны нулю ( $\sigma_{min} = 0, R = 0$  или  $\sigma_{max} = 0, R = \infty$ )

# Выносливость

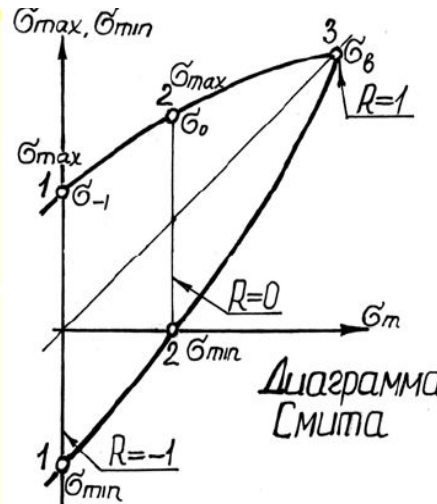
Способность материала воспринимать многократное действие переменного напряжения от заданной нагрузки без разрушения называют **выносливостью**.

Кривую усталости (кривую Вёлера) строят по точкам в координатах: число циклов  $N$  – максимальное по модулю напряжение  $\sigma = \sigma_{max}$ , либо в координатах  $(\sigma_{max}, \lg N)$ , а также  $(\lg \sigma_{max}, \lg N)$ .

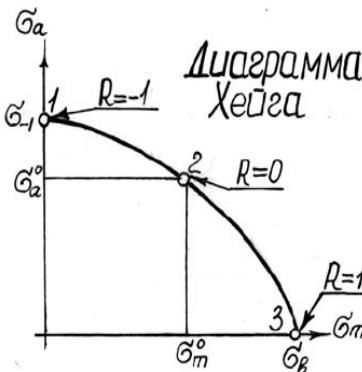
Каждому разрушившемуся образцу на диаграмме соответствует одна точка с координатами  $N$  (число циклов до разрушения данного образца) и  $\sigma_{max}$  (максимальное по абсолютной величине



**Предел выносливости (усталости)  $\sigma_R$**  – наибольшее (предельное) напряжение цикла, при котором не происходит усталостного разрушения образца после произвольно большого числа циклов. Обозначение предела выносливости для симметричного цикла –  $\sigma_{-1}$ , для отнулевого



$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_m} = \frac{2 \cdot \sigma_{max}}{\sigma_{max} + \sigma_{min}} = \frac{2}{1+R}$$



$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sigma_a}{\sigma_m} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{\sigma_{max} + \sigma_{min}} = \frac{1-R}{1+R}$$

**Диаграмма предельных напряжений**  
**первый режим** – обычный симметричный цикл нагружения ( $R=-1, \sigma_m=0, \sigma_{max}=\sigma_{-1}, \sigma_{min}=-\sigma_{-1}$ );  
**второй режим** – асимметричный цикл, как правило, отнулевой ( $R=0, \sigma_m=\sigma_0/2, \sigma_{max}=\sigma_0, \sigma_{min}=0$ );  
**третий режим** – простое статическое растяжение ( $R=1, \sigma_{max}=\sigma_{min}=\sigma_m=\sigma_B$ )

Для определения предела выносливости при заданной асимметрии цикла  $R$  нужно под этим углом провести луч до пересечения с линией 1–2–3, ордината точки пересечения и даст нам искомый предел выносливости  $\sigma_R$

**Диаграмма предельных амплитуд**  
**первый режим** – симметричный цикл нагружения ( $R=-1, \sigma_a=\sigma_{-1}, \sigma_m=0$ );  
**второй режим** – отнулевой цикл ( $R=0, \sigma_a=\sigma_m=\sigma_0/2$ );  
**третий режим** – статическое растяжение ( $R=1, \sigma_a=0, \sigma_m=\sigma_B$ ).

Для определения предела выносливости при заданной асимметрии цикла  $R$  нужно по приведенной формуле вычислить величину угла  $\beta$  и провести луч под этим

# Коэффициенты снижения предела выносливости

$$\sigma_{-1д} = \sigma_{-1} / K$$

Стандартные испытания на выносливость проводят на специальных лабораторных образцах диаметром 5...10 мм, имеющих строго цилиндрическую форму рабочей части и высокую чистоту поверхности. Очевидно, что предел выносливости реальной детали, изготовленной из того же материала, будет заметно отличаться от предела выносливости лабораторного образца .

Падение предела выносливости конкретной детали ( $\sigma_{-1д}$ ) по сравнению с пределом выносливости лабораторного образца ( $\sigma_{-1}$ ) учитывается в расчетах при помощи коэффициента  $K$ , который называется *коэффициентом снижения предела выносливости* и отражает влияние основных факторов на сопротивление

$$K = \left( \frac{K_{\sigma}}{K_{d\sigma}} + \frac{1}{K_{F\sigma}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_V \cdot K_A}$$

## концентрация напряжений – $K_{\sigma}$

Концентрация напряжений, вызванная резким изменением сечения детали, представляется наиболее важным фактором, снижающим предел выносливости. На практике концентраторами напряжений являются шпоночные канавки, отверстия в детали, выточки, нарезки на поверхности, резьбы, малые радиусы закругления в местах резкого изменения размеров детали .

## масштабный фактор, то есть влияние абсолютных размеров детали – $K_{d\sigma}$

Экспериментально установлено, что с увеличением размеров образца его предел выносливости уменьшается.

- большая вероятность появления
- ухудшение структуры и свойств поверхностного слоя при механической обработке крупногабаритных деталей;
- ухудшение качества заготовки с увеличением ее размеров (литейные дефекты, дефектыковки и т. д.)

## качество обработки поверхности – $K_{F\sigma}$

Наиболее чистые поверхности устойчивы к циклическому нагружению

## наличие поверхностного слоя, упрочненного различными технологическими методами - $K_V$

## анизотропия (неоднородность) прочностных свойств материала - $K_A$



# Понятие об автоматизированном проектировании

## Управление процессами и данными проектирования:

Большинство инженерно-технических подразделений предприятий обладает огромными объемами данных, воплощающими собой гигантские вложения времени и средств. Использование современного ПО обеспечивает управление процессами и данными в масштабах предприятия, автоматическое архивирование, документирование и прозрачный доступ к данным, объединяя группы проектирования, инженерного анализа (CAE) и натурных испытаний, группы разработки и производственный сектор, производителей и поставщиков в едином процессе разработки передовых изделий...

## Виртуальное моделирование

работы изделий, исследование и оптимизация их характеристик посредством компьютерного моделирования, дополняется аппаратными и программными средствами проведения натурных испытаний, настройки расчетных моделей, их валидации, обеспечивая сквозной безошибочный процесс разработки изделий

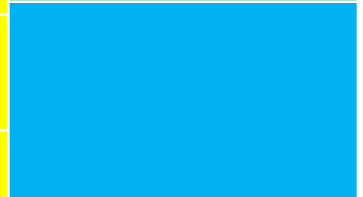
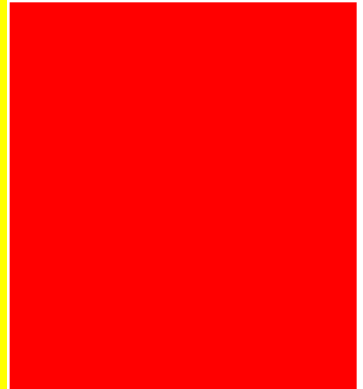
## Использование единого пользовательского интерфейса (CAD/CAE/CAT):

единая база данных при многодисциплинарном анализе (например в комплексной задаче «прочность – динамика – долговечность»); ассоциативность, параметризация и автоматизация процессов анализа.

## Анализ критических с точки зрения усталостного разрушения зон изделий, прогноз ресурса компонентов и систем.

**Анализ много- и малоциклового усталости, долговечности сварных швов** и сварных точек, анализ долговечности в частотной области, усталостного разрушения от случайного возбуждающего сигнала, а так же уникальные инструменты анализа термо-механического усталостного разрушения.

**Оптимизация функциональных характеристик механизмов и машин**



# *Классификация деталей машин*

**СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ДЕТАЛИ (СОЕДИНЕНИЯ)** соединяют детали между собой. Соединения могут быть неразъемными (заклепочные, сварные, прессовые и др.) и разъемными (шлицевые, шпоночные, резьбовые и др.).

**ПЕРЕДАЧИ** передают движение от источника к потребителю (ременные, цепные, зубчатые и др.).

**ВАЛЫ и ОСИ** несут на себе вращающиеся детали передач (зубчатые колеса, шкивы и др.).

**КОРПУСНЫЕ ДЕТАЛИ** организуют внутри себя пространство для размещения всех остальных деталей, обеспечивают их защиту.

**ОПОРЫ** служат для установки валов и осей в корпус (подшипники).

**УПРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ** смягчают вибрацию и удары, накапливают энергию, обеспечивают постоянное сжатие деталей.

**МУФТЫ** соединяют между собой валы и передают вращающий момент.