**Критерии работоспособности деталей машин**

Основным критерием качества машин является надежность — способность выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, со­ответствующих заданным режимам и условиям использования, техниче­ского обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Проблема повышения надежности — одна из важнейших в машиностроении. Обес­печение надежности в технике регламентировано системой ГОСТов.

Надежность — комплексное свойство, которое может включать *без­отказность, долговечность, ремонтопригодность, сохраняемость.*Без­отказность и долговечность машины прежде всего связаны с ее *работо­способностью,*т. е. способностью выполнять заданные функции, сохра­няя значение заданных параметров в пределах, установленных норматив­но-технической документацией. Нарушение работоспособности машины называется отказом.

*Основными критериями работоспособности машин являются проч­ность, жесткость и износостойкость,*а в некоторых случаях *тепло­стойкость и виброустойчивость.*Понятия прочности и жесткости из­вестны из сопротивления материалов.

Прочностью называется способность материала детали в опре­деленных условиях и пределах воспринимать нагрузки не разрушаясь и без значительных остаточных деформаций. *Основными критериями прочности материала являются предел текучести, предел прочности и предел выносливости.*

Наиболее распространенным методом оценки прочности деталей машин является расчет по допускаемым напряжениям по условиям прочности

σmax < [σ] или τ < [τ]

т. е. максимальные расчетные (действительные) нормальные или каса­тельные напряжения не должны превышать допускаемые.

*Допускаемое напряжение*при статической нагрузке есть отношение предельного напряжения (предел текучести — для пластичных, предел прочности — для хрупких материалов) к *допускаемому коэффициенту запаса прочности [х],*которые каждая отрасль машиностроения опреде­ляет на основании своего опыта эксплуатации деталей машин.

Предельное напряжение при переменных нагрузках — *предел вынос­ливости.*Допускаемое напряжение при *расчетах на усталость*опреде­ляется в зависимости от характера приложения нагрузки, числа циклов нагружения, концентрации напряжений, качества поверхности, размеров Второй распространенный метод расчета деталей машин на проч­ность — сравнение действительного коэффициента запаса прочности 5 с допускаемым по условию

S *>*[S]

Выбор допускаемого коэффициента запаса прочности является очень ответственной задачей, так как завышение [я] ведет к значительному уве­личению массы и габаритов конструкции, увеличивает ее стоимость, а занижение И делает конструкцию недостаточно надежной.

Жесткостью называется способность материала деталей сопро­тивляться изменению формы и размеров при нагружении. Жесткость со­ответствующих деталей обеспечивает требуемую точность машины, нор­мальную работу ее узлов. Так, например, нормальная работа зубчатых колес и подшипников возможна лишь при достаточной жесткости валов. Диаметры валов, определенные из расчета на жесткость, нередко оказы­ваются большими, чем полученные из расчета на прочность. Нормы же­сткости деталей устанавливаются на основе опыта эксплуатации деталей машин. Значение расчета на жесткость возрастает, так как вновь созда­ваемые высокопрочные материалы имеют значительно более высокие характеристики прочности (пределы текучести и прочности), а характе ристики жесткости (модули продольной упругости и сдвига) меняются незначительно.

Обеспечение износостойкости изделий регламентировано системой ГОСТов, в частности термины и определения, относящиеся к трению, изнашиванию и смазке, установлены ГОСТ 27674-1-88.

Изнашиванием называется процесс отделения материала с по­верхности твердого тела и накопления его остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров и формы тела. Результат изнашивания называется износом. Свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения называется износостойкостью.

деталей и других факторов.

Установлено, что 85—90% машин выходит из строя в результате из­нашивания и лишь 10—15% в результате поломок, поэтому одним из важнейших условий прогресса народного хозяйства является изыскание путей снижения трения и изнашивания деталей машин.

В зависимости от происходящих процессов изнашивание можно подразделить на три вида: механическое, коррозионно-механическое и электроэрозионное. При дальнейшем изучении предмета мы будем иметь дело с некоторыми видами *механического изнашивания,*а именно:

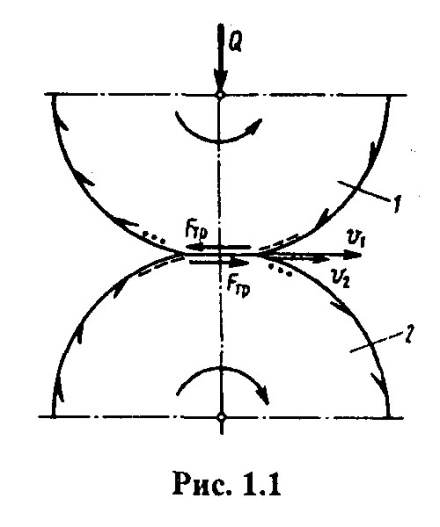
*абразивное изнашивание*материала, происходящее в результате ре­жущего или царапающего действия твердых тел или частиц, попадающих в зону контакта деталей;

*изнашивание при заедании,*происходящее в результате схватывания, глубинного вырывания материала, переноса его с одной поверхности тре­ния на другую и воздействия возникших неровностей на сопряженную поверхность; заедание может привести к задиру — появлению широ­ких и глубоких борозд в направлении скольжения;

*усталостное изнашивание,*происходящее в результате усталостного разрушения (отслаивания и выкрашивания) при повторном деформирова­нии микрообъемов материала поверхностного слоя. Усталостное изнаши­вание может происходить как при трении качения, так и при трении скольжения.

**Контактные напряжения.**

Контактными называют напряже­ния и деформации, возникающие при взаимном нажатии двух соприка­сающихся тел криволинейной формы. Теоретический контакт тел в этом случае может быть линейным (например, сжатие двух цилиндров с парал­лельными образующими) или точечным (например, сжатие двух шаров). Вследствие деформации в местах соприкосновения элементов конструк­ций передача давлений происходит по весьма малым площадкам. Реше­ние вопроса о контактных напряжениях и деформациях впервые дано в работах немецкого физика Г. Герца в 1881—1882 гг.

**

*Работоспособность деталей машин, на­ходящихся под действием контактных на­пряжений, определяется сопротивлением ус­талости рабочих поверхностей этих деталей.*

Рассмотрим два цилиндрических ролика *1*и 2 с неподвижными осями, касающихся по общей образующей и прижатых друг к другу силой *Q* (рис. 1.1), причем ролик / ведущий и передает вращение ролику 2 за счет силы тре­ния *Fтр*= *fQ ,* где *f* — коэффициент трения скольжения. В зоне соприкосновения роликов первоначальный линейный контакт по обра­зующей в результате деформации превращается в контакт по узкой по­лоске и возникают известные из сопротивления материалов *контактные напряжения,*вычисляемые по формуле Герца. Площадка контакта пере­мещается по поверхности роликов и в результате многократного дефор­мирования микрообъемов материала в поверхностном слое возникают усталостные трещины. Под действием сил трения происходят пластиче­ские сдвиги поверхностных слоев материала и образовавшиеся усталост­ные трещины наклоняются и вытягиваются *в направлении сил трения*(см. рис. 1.1). Если вращение роликов происходит в условиях обильной смаз­ки, то в трещины попадает масло, которое при прохождении зоны контак­та *выдавливается*из трещин ведущего ролика *1*и *заклинивается*в тре­щинах ведомого ролика 2, расширяя и углубляя их. Многократное повто­рение этого процесса приводит к отделению с поверхностного слоя мате­риала в форме чешуек (отслаивание) или отделению частиц, приводяще­му к образованию ямок (выкрашивание), прежде всего на рабочей по­верхности ведомого ролика.

При прохождении зоны контакта элементы поверхностного слоя ве­дущего ролика *1*переходят из состояния сжатия (что на рис. 1.1 обозна­чено тремя точками) в состояние растяжения (что обозначено тремя чер­точками), а у ведомого ролика 2, наоборот — из состояния растяжения в состояние сжатия. Это приводит к *упругому скольжению*рабочих по­верхностей роликов, в результате чего ведомый ролик имеет меньшую окружную скорость, чем ведущий, т. е. *u1>u2.*Рабочая поверхность, по которой точка контакта перемещается с большей скоростью, называется *опережающей,*а сопряженная поверхность — *отстающей.*

Сказанное выше, а также экспериментальные данные и опыт экс­плуатации машин позволяют сделать важный вывод, что *сопротивление усталостному изнашиванию, а следовательно, и нагрузочная способ­ность у опережающих поверхностей выше, чем у отстающих.*Это правило полностью справедливо и для рабочих поверхностей зубьев зубча­тых передач.

Обратим внимание на то, что направление силы трения и скорости относительно зоны контакта у отстающей поверхности совпадают, а у опережающей противоположны.

Расчет на *контактную усталость*рабочих поверхностей деталей ве­дется по *допускаемым контактным напряжениям.*

Далее приведем определения теплостойкости и виброустойчивости.

Теплостойкостью называется способность конструкции рабо­тать в пределах заданных температур в течение заданного времени. Для обеспечения нормального температурного режима проводят тепловые расчеты конструкций.

Виброустойчивостью называется способность конструкции работать в заданном диапазоне режимов без недопустимых колебаний. В связи с повышением скоростей машин расчеты на виброустойчивость становятся все более актуальными.

Ремонтопригодностью называется приспособленность из­делия к предупреждению и обнаружению причин возникновения его от­казов, повреждений и устранению их последствий путем проведения ре­монтов и технического обслуживания.

Сохраняемостью называется свойство изделия непрерывно сохранять исправное и р. Основные критерии работоспособности и расчёта деталей машин.

Работоспособность определяется по нескольким критериям: *1.прочность 2.жёсткость 3.износостойкость 4.теплостойкость 5.виброустойчивость 6.надёжность*7.*коррозионная стойкость.*Прочность- главный критерий работоспособности большинства деталей. Различают разрушение деталей статической прочности или сопротивления усталости. Потеря статической прочности происходит тогда, когда значение рабочих напряжений превышает предел статической прочности (например, σв). вследствие потери Потеря сопротивления усталости происходит в результате длительного действия переменных напряжений, превышающих предел выносливости материала ( например, σ-1). Задача обеспечения необходимой прочностью состоит в том, чтобы определить размеры и формы деталей, исключающая возможность возникновения недопустимо большой остаточной деформации, преждевременных поломок и поверхностных разрушений. Прочность оценивается сравнением расчетных напряжений с допускаемыми:

.Жёсткость характеризуется изменением размеров и форм детали под нагрузкой. Расчёт на жёсткость предусматривает ограничение упругих перемещений детали в пределах, допустимых для конкретных условий работы (например, качество зацепления зубчатых колёс и условия работы подшипников ухудшаются при больших прогибах валов) Требования к жесткости деталей машин определяются: Условиями прочности деталей (в случае опасности неустойчивого равновесия или при ударных нагрузках).Устойчивость– критерий, определяющий размер: Длинных и тонких деталей, работающих на сжатие. Тонких пластин, подверженных сжатию в плоскости пластин. Оболочек, подверженных внешнему давлению. Полок тонкостенных волов.

Условиями работоспособности деталей совместно с сопряженными деталями. Технологическими условиями. Условиями удовлетворительной работы машины в целом. Износ– процесс постепенного изменения размеров деталей в результате трения.

Износ ограничивает долговечность деталей по следующим критериям:

* По потерям точности (приборы, измерительный инструмент, прецизионные станки – очень точные)
* По снижению КПД, увеличению утечек (цилиндр и поршень двигателя внутреннего сгорания)
* По увеличению шума (передача транспортных машин)
* По полному истиранию (деталь не пригодна к работе).

Виды изнашивания в машинах делят на 3 группы:

1. Механическое (абразивные) – из-за царапания деталей друг другом;
2. Молекулярно-механическое (при схватывании или заедании) – для всех червячных, зубчатых передач и др.;
3. Коррозионно-механическое (продукты коррозии стираются механическим путем).

Интенсивность изнашивания, а следовательно, и срок службы детали зависят от давления, скорости скольжения, коэффициента трения и износостойкости материала.

Для уменьшения изнашивания широко используют смазку трущихся поверхностей и защиту от загрязнения, применяют антифрикционные материалы, специальные виды ХТО поверхностей и т.д. Износостойкость деталей машин существенно уменьшается при наличии коррозии.

Теплостойкость. Работа машин сопровождается тепловыделением, вызываемая рабочим процессом и трением в механизмах.

В результате тепловыделения могут возникнуть вредные для работы машин явления:

1. Понижение защитной способности масляного слоя, разделяющего трущиеся поверхности.
2. Изменение зазоров подвижных соединений из-за обратимой температурной деформации.
3. Изменение свойств трущихся поверхностей (понижение коэффициента трения в тормозах).
4. Понижение точности машин вследствие обратимой температурной деформации.

Чтобы не допустить вредных последствий перегрева на работу машины, выполняют тепловые расчёты и, если необходимо, вносят соответствующие конструктивные изменения (например, искусственное охлаждение

Виброустойчивость. Вибрации вызывают дополнительные переменные напряжения и, как правило, приводят к усталостному разрушению деталей. Под*виброустойчивостью*понимают способность конструкции работать в нужном диапазоне режимов без недопустимых колебаний. В настоящее время применяют:

1. Расчеты частот собственных колебаний, используемые для предотвращения резонанса колебаний, иногда для установления причин колебаний работающих машин.
2. Расчеты амплитуд и устойчивости колебаний.

Автоколебания – источники шума. Шум может быть критерием качества изготовления машин.

Меры борьбы с шумом: Повышение точности и чистоты обработки; Понижение сил удара конструктивными методами; Применение материала с повышенным внутренним трением

Надёжность– это вероятность безотказной работы в течение заданного срока службы без поломок и внеплановых ремонтов. Под*заданным сроком службы*понимают время одного планового ремонта или между плановыми ремонтами. Надежность может определяться для машины в целом, агрегатов, узлов и деталей При оценке надежности могут быть выбраны различные показатели: Число отказов в работе, Срок службы в часах, Число километров пробегов и т.д. Коэффициент надежности сложной детали равен сумме коэффициентов надежности отдельных элементов:

Чем больше элементов имеет машина, тем меньше ее надежность, меры повышения надежности: повышение долговечности изделий; повышение запаса прочности; обеспечение хорошей системной смазки; если возможны перегрузки, то необходимо применять предохранительные устройства, повышение ремонтопригодности изделий.