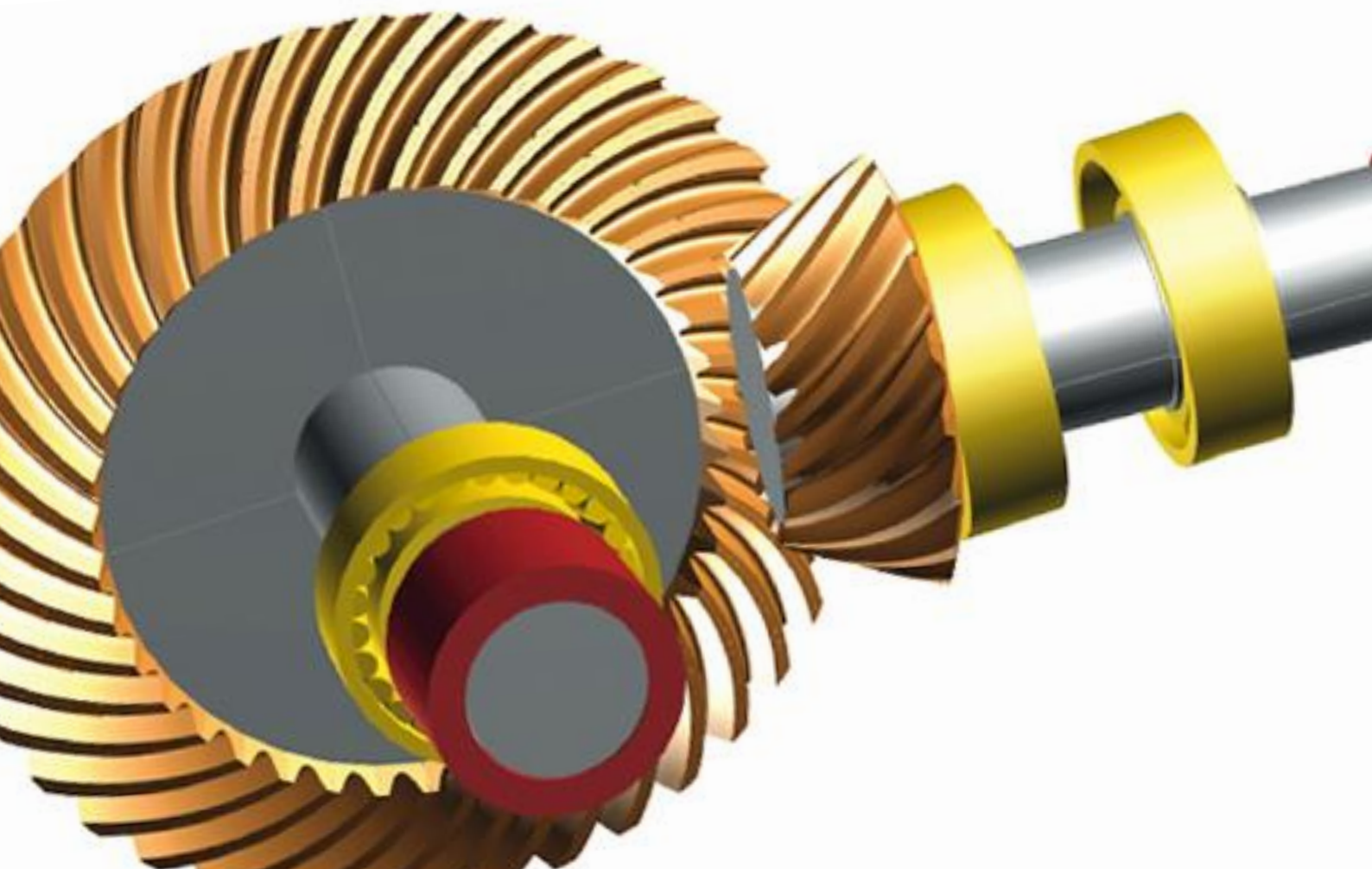


Спецификации KISSsoft

Зубчатые колеса



Содержание

1	Цилиндрическое зубчатое колесо	4
1.1	Расчет геометрии	4
1.2	Расчет на прочность	4
1.3	Определение размеров	4
1.4	Контактный анализ	5
1.5	Планетарные передачи	5
1.6	Экспорт двух-, трехмерного изображения.....	5
2	Измерительное зубчатое колесо	5
3	Шестеренные насосы.....	6
4	Коническое зубчатое колесо.....	6
4.1	Расчет геометрии	6
4.2	Расчет на прочность	7
4.3	Определение размеров	7
4.4	Контактный анализ	7
4.5	Дифференциалы	7
4.6	Интерфейс к программному обеспечению GEMS® для изготовления конических ЗК	8
4.7	Экспорт трехмерного изображения	8
5	Червяки с глобоидными червячными колесами	8
5.1	Расчет геометрии	8
5.2	Расчет на прочность	8
5.3	Определение размеров	9
5.4	Экспорт двух-, трехмерного изображения.....	9
6	Винтовые зубчатые колеса, червяки, цилиндрические червячные колеса.....	9
6.1	Расчет геометрии	9
6.2	Расчет на прочность	10
6.2.1	ISO 6336/Ниманн.....	10
6.2.2	VDI 2736	10
6.2.3	Хёхст	10
6.2.4	VDI 2545	10
6.2.5	Статический метод.....	11
6.2.6	Пех.....	11
6.3	Определение размеров	11
6.4	Экспорт двух-, трехмерного изображения.....	11
7	Корончатые зубчатые колеса	11
7.1	Расчет геометрии	11
7.2	Расчет на прочность	11
7.3	Определение размеров	12
7.4	Экспорт двух-, трехмерного изображения.....	12
8	Некруглые зубчатые колеса	12
9	Бевелоидные зубчатые колеса	12

9.1	Расчет геометрии	13
9.2	Расчет на прочность	13
9.3	Экспорт двух-, трехмерного изображения.....	13
10	Расчет формы зуба.....	13
11	Прочие специальные расчеты для зубчатых зацеплений	14

1 Цилиндрическое зубчатое колесо

Для расчета зацеплений цилиндрических колес имеются следующие конфигурации: отдельное зубчатое колесо, пара цилиндрических колес, планетарный ряд, шестерня с зубчатой рейкой, кинематическая цепь из 3 и 4 колес. Кинематика как передача со сдвоенными сателлитами может рассматривать в цепи из 4 колес. Все модули расчета позволяют произвести подробный расчет геометрии с учетом всех соответствующих допусков. Зазор рассчитывается для изготовленных колес в монтажном режиме и в рабочем режиме. Для проверки зубчатых колес доступны размеры по шарикам и по роликам, а также длина общей нормали. Разрешенные допуски на изготовление согласно различным стандартам объединены для выбранных степеней точности в одном протоколе.

Можно определять стандартные модификации профиля и линии боковой поверхности зуба. Они учитываются при расчете формы зуба и в контактном анализе.

1.1 Расчет геометрии

Геометрия цилиндрических зубчатых колес рассчитывается как эвольвентное зацепление на основе нарезания методом обкатки исходного контура с зубчатым колесом. Альтернативно к исходному контуру можно задавать геометрии инструмента (зуборезный долбяк, фреза) с протуберанцем и боковой поверхностью изогнутой ножки. Этап предварительной обработки можно задавать напрямую, а другие этапы изготовления реализуются в отдельном расчетном модуле «Форма зуба». Геометрия рассчитывается для трех случаев: зацепление без зазора, верхнее отклонение размера и нижнее отклонение размера. Для смещения исходного контура имеется функция расчета по различным критериям (сбалансированное скольжение, граница острых вершин и предел подреза, макс. запасы прочности ножки и боковой поверхности зуба и т. п.), также как и для межосевого расстояния.

1.2 Расчет на прочность

Расчет на прочность цилиндрических зубчатых колес выполняется в соответствии со стандартами ISO, DIN, AGMA, VDI, GOST, BV-RINA, DNVGL и многими другими. К видам повреждений относятся разрушение ножки зуба, образование ямок, износ, заедание и точечное выкрашивание. Рассчитываются коэффициенты запаса прочности, срок службы, передаваемые крутящие моменты и надежность. Для расчета распределения нагрузки вдоль контактных линий используется метод согласно ISO 6336, приложению E. Для расчета пластмасс имеется несколько директив VDI, а также статический расчет. С помощью спектров нагружений можно подробно задавать нагрузку и определять повреждения. Для шлифовочных ступенек и специальных форм ножки зуба можно определять напряжение ножки зуба с помощью конечных элементов.

1.3 Определение размеров

KISSsoft имеет множество функций для определения размеров зубчатых зацеплений. Для расчета цилиндрических зубчатых колес в рамках примерного определения размеров формируются предложения с учетом нагрузки и заданного передаточного отношения. Точное определение размеров систематически меняет параметры зацепления, отфильтровывает варианты и предоставляет на выбор полученные решения инженеру в виде списка или графического обзора. Для микрогеометрии функция расчета выполняет изменение модификаций, и на основе контактного анализа выдает важные результаты для оптимизации нагрузки и шума зубчатого зацепления. Дополнительно имеется множество функций для расчета смещения исходного контура, межосевого расстояния, зубьев увеличенной высоты и многого другого.

1.4 Контактный анализ

В целях оптимизации шума и прочности используется контактный анализ под нагрузкой. На основе расчета жесткости зубьев по Веберу/Банашеку, с учетом изгиба зубьев определяется локальный контакт. В расчете учитываются также прогиб валов, провисание подшипников и модификации боковых поверхностей, что позволяет выполнить более реалистичный анализ зубчатого зацепления. Помимо распределения напряжений и кинематической погрешности результаты контактного анализа содержат кривую жесткости, местный смазочный зазор, местный износ и многие другие критерии, используемые для оценки коэффициента полезного действия (КПД), шума и срока службы.

1.5 Планетарные передачи

Расчет планетарного ряда включает в себя обычную кинематику с солнечным колесом, сателлитом и кольцевым зубчатым колесом. Значения крутящих моментов и частоты вращения могут задаваться выборочно для каждого зубчатого колеса. Для оценки кольцевого зубчатого колеса доступен дополнительно стандарт VDI 2737. Также выполняются специальные расчеты, например возможность монтажа сателлитов с равномерным шагом и многое другое. Контактный анализ позволяет проводить подробную оценку перекосов отдельных компонентов, а также оценку деформации вала планетарной передачи посредством конечных элементов.

1.6 Экспорт двух-, трехмерного изображения

KISSsoft имеет множество интерфейсов для всех известных CAD-программ. С одной стороны, зубчатые зацепления могут выводиться в виде двухмерных изображений. С другой стороны, имеется функция экспорта трехмерного изображения 3D-STEP, включающая все модификации боковых поверхностей. С помощью вывода измерительной сетки можно проводить топологическое измерение. Дополнительно к трехмерной модели зубчатого колеса в рабочий чертеж можно добавлять данные изготовителя. Благодаря этому не требуется выполнять дорогостоящее конструирование или ручной перенос параметров.

2 Измерительное зубчатое колесо

Данный модуль расчета в KISSsoft позволяет выполнять определение размеров и контроль измерительных зубчатых колес.

Для проверки колебания измерительного межосевого расстояния необходимо измерительное зубчатое колесо, которое обкатывается на измерительном приборе вместе с испытуемым колесом. В ходе проверки испытуемое колесо и измерительное колесо немного сжимаются по оси, таким образом обкатка выполняется без зазора. Изменение межосевого расстояния измеряется точно, определенное таким образом максимальное значение является колебанием измерительного межосевого расстояния в двухпрофильном зацеплении за оборот зубчатого колеса. Чтобы получить гарантированное определение ходовых характеристик испытуемого колеса после монтажа в редуктор, в ходе проверки необходимо полностью обкатать активную эвольвенту испытуемого колеса. При этом необходимо избегать слишком глубокого зацепления измерительного зубчатого колеса с областью ножки. Если окружность модификации ножки зуба испытуемого колеса ниже минимального значения, возникает нарушение зацепления, которое сильно искажает результаты измерения.

Для каждого зубчатого колеса, используемого в расчете цилиндрических зубчатых колес, можно выполнить определение размеров измерительного зубчатого колеса. При открытии определения размеров предлагается подходящее стандартное измерительное зубчатое колесо согласно DIN 3970. Выбрав функцию контроля окружности вершин зубьев измерительного зубчатого колеса, можно проверить, возможно ли использование уже имеющегося измерительного зубчатого колеса. В ходе

расчета осуществляется контроль толщины зуба испытываемого колеса при максимально и минимально допустимом положении поля допусков и определяется, внутри какого диапазона выполняется обкатка эвольвенты. Выбрав функцию определения размеров окружности вершин зубьев измерительного зубчатого колеса, можно определить измерительное зубчатое колесо, которое оптимально подходит для проверки испытываемого колеса.

3 Шестеренные насосы

KISSsoft предлагает масштабную опцию для расчета существенных свойств шестеренных насосов (внешние и внутренние шестеренные насосы).

Рассчитывается и отображается изменение важных параметров насоса во время зубчатого зацепления. При этом учитываются геометрические параметры, такие как запертый объем (между двумя парами зубьев в зацеплении, обратно поступающий объем), объем в момент критической скорости притока (приток масла должен быть по возможности непрерывным), самое узкое место (самое маленькое расстояние между первой парой зубьев без соприкосновения), скорость притока, приток масла входной камеры (с анализом Фурье для оценки шумообразования), объем под входным давлением. Другими важными результатами являются кривая крутящего момента на обоих зубчатых колесах, кривая контактного смятия, скорость скольжения и коэффициент износа. При расчете сил может также учитываться контактное смятие на пятне контакта, поскольку данный эффект оказывает значительное воздействие. Запертый объем зависит от конструкции насоса под входным или выходным давлением, что определяется посредством ввода соответствующих данных и оказывает значительное влияние на кривую крутящего момента.

Данный расчет позволяет провести анализ любых цилиндрических зубчатых колес с прямозубым зацеплением с эвольвентной или неэвольвентной формой зуба.

4 Коническое зубчатое колесо

В KISSsoft можно проводить расчет геометрии, прочности и допусков для конических зубчатых колес с прямыми, косыми или круговыми зубьями и для типов изготовления Face Hobbing (метод постоянного деления) и Face Milling (метод шагового деления). Геометрия и контрольные размеры рассчитываются по ISO 23509 или по другим стандартам. Подтверждение прочности выполняется в соответствии с общепринятыми стандартами, например ISO 10300 и др. Для дифференциальных конических зубчатых колес доступно статическое подтверждение.

Для определения размеров имеются различные функции, например примерное определение размеров или точное определение размеров. Для дифференциалов дополнительно выводятся специальные параметры. Имеющиеся записи можно легко пересчитать с помощью «Окон перерасчета».

Контактный анализ позволяет рассчитать положение пятна контакта с учетом бочкообразности, модификаций угла или топологических модификаций. Также учитываются смещения VHJ (EPG) шестерни и колеса.

Зацепления, включая модификации линии боковой поверхности зуба, могут отображаться в CAD-системах в виде 3D-моделей, а конические зубчатые колеса с круговыми зубьями — в формате STEP с использованием измерительной сетки. Трехмерные модели рассчитываются на основе стандарта ISO 23509, форма зуба определяется на основе эквивалентного цилиндрического зубчатого зацепления.

4.1 Расчет геометрии

Расчет геометрии и сил зацепления выполняется по стандарту ISO 23509. Данный стандарт является действующим и признанным во всем мире стандартом для конических и гипоидных зубчатых колес. Он

равно применяется к методам изготовления Face Hobbing (метод постоянного деления) и Face Milling (метод шагового деления). Расчет геометрии гипоидных зубчатых колес в стандарте включает в себя три различных процесса расчета. Данные процессы расчета основаны на исторически разных методах расчета производителей станков (Gleason, Klingelnberg и Oerlikon).

4.2 Расчет на прочность

К прочности применяются различные стандарты для различных видов повреждений. Для видов повреждений, например разрушение ножки зуба и образование ямок, действующим стандартом является ISO 10300. Это первый стандарт, который включает в себя полный расчет для конических зубчатых колес и гипоидных зубчатых колес, применимый к обоим методам зубчатого зацепления: Face Hobbing (метод постоянного деления) и Face Milling (метод шагового деления). Другие виды повреждений, например заедание (важно для гипоидных зубчатых колес) и разрушение боковой поверхности зуба, можно рассчитывать в соответствии с утвержденными и задокументированными стандартами или литературой. Применяются и специализированные стандарты, такие как DNV 42.1 или VDI 2545 (для расчета пластмасс), и многие другие.

4.3 Определение размеров

Для расчета конических зубчатых колес в рамках примерного определения размеров формируется предложение с учетом нагрузки и заданного передаточного отношения. Точное определение размеров систематически варьирует параметры зацепления, например угол спирали, осевое смещение и другие, отфильтровывает варианты и предоставляет на выбор полученные решения инженеру в виде списка или графического обзора. Для микрогеометрии функция расчета варьирует модификации боковых поверхностей и на основе контактного анализа выдает важные результаты для оптимизации нагрузки и шума зубчатого зацепления.

4.4 Контактный анализ

Контактный анализ для конических зубчатых колес основан на методе по Веберу/Банашеку и позволяет выполнить моделирование зубчатых колес в зацеплении путем перекачивания с переменной эксплуатационной нагрузкой. При проведении контактного анализа учитываются также модификации зубчатого зацепления, такие как бочкообразность, модификации угла и топологические модификации. Геометрия конического зубчатого колеса доступна для методов Face Hobbing (метод постоянного деления) и Face Milling (метод шагового деления), форма зуба определяется по эквивалентному цилиндрическому зубчатому зацеплению. Дополнительно при проведении контактного анализа можно задать значения смещения VHJS или EPGS. Такие значения задаются путем собственного ввода или на основе валов или проектирования редуктора.

4.5 Дифференциалы

KISSsoft позволяет выполнить расчет и определение размеров дифференциальных конических зубчатых колес по специальным показателям кованых конических зубчатых колес. При определении размеров необходимо выполнить расчет вариации, например для угла конуса вершин и впадин и для высоты зуба. Проверка геометрических параметров, таких как перекрытие и максимально возможный радиус скругления ножки зуба, проводится в нескольких местах по всей ширине зубчатого венца и тем самым позволяет провести всестороннюю оценку зубчатой передачи. В KISSsoft можно также отобразить типичное для дифференциалов свойство контуров вершин и впадин «Плавательная перепонка». Точная оценка значительно уменьшенной общей боковой поверхности зуба и увеличенного тем самым контактного напряжения на боковой поверхности зуба может быть выполнена в KISSsoft при помощи контактного анализа.

4.6 Интерфейс к программному обеспечению GEMS® для изготовления конических ЗК

Для конических зубчатых колес стандартного изготовления доступен интерфейс к GEMS®, который позволяет провести непосредственный анализ конического зубчатого колеса с фактическими настройками станка, используя программное обеспечение для определения размеров.

4.7 Экспорт трехмерного изображения

Для вывода трехмерных моделей конических зубчатых колес имеется функция экспорта 3D-STEP. Поддерживаются разные виды конических ЗК с конической и постоянной высотой зуба, а также зацеплениями с прямыми, косыми или круговыми зубьями. Форма зуба определяется по эквивалентному цилиндрическому зубчатому зацеплению. Эти модели могут содержать модификации боковых поверхностей, например бочкообразность и модификации угла, а также топологические модификации. С помощью вывода измерительной сетки можно проводить топологическое измерение.

5 Червяки с глобоидными червячными колесами

С помощью данного модуля можно произвести расчет цилиндрических червяков, сопряженных с глобоидными колесами. При этом возможно выполнение расчета геометрии, коэффициента полезного действия (КПД), запаса прочности на температуру, образование ямок, износ, разрушение зуба и прогиб пар цилиндрических червячных колес. Расчет условия пуска также возможен. Различные материалы червячного колеса включены в комплект поставки в качестве дополнительного файла с данными. Формы боковой поверхности зуба ZA, ZN, ZI (ZE), ZK, ZH (ZC) можно учесть при расчете. Процесс расчетов соответствует DIN 3996 или ISO/TR 14521.

При расчете геометрии червяка по DIN 3975 или ISO/TR 14521 возможно использование контрольных размеров (размеров по роликам и по шарикам червяка для форм боковой поверхности зуба ZA, ZN, ZI, ZK). Учет допусков на изготовление осуществляется в соответствии с DIN 3974-1 и 3974-2 (1995).

Имеются дополнительные функции определения размеров для ширины зубчатого венца, межосевого расстояния и угла подъема.

5.1 Расчет геометрии

Расчет геометрии проводится согласно стандартам ISO/TR 14521 и DIN 3996. Поддерживаются формы боковой поверхности зуба ZA, ZN, ZI (ZE), ZK, ZH (ZC). При расчете геометрии червяка по DIN 3975 или ISO/TR 14521 возможно использование контрольных размеров (размеров по роликам и по шарикам червяка для форм боковой поверхности зуба ZA, ZN, ZI, ZK). Учет допусков на изготовление осуществляется в соответствии с DIN 3974-1 и 3974-2 (1995).

5.2 Расчет на прочность

Расчеты на прочность согласно DIN 3996 и ISO/TR 14521 для цилиндрических червяков с глобоидным колесом включают в себя: коэффициент полезного действия (КПД), запас прочности на температуру, образование ямок, износ, разрушение зуба и прогиб. Данные для различных материалов червячного колеса включены в комплект поставки. Рассчитывается также пусковой крутящий момент под нагрузкой, который может быть очень важен при определении размеров приводов мощности вала.

KISSsoft предлагает также простой расчет на прочность по AGMA 6034 для цилиндрических червяков с глобоидным колесом или по AGMA 6125 для глобоидных червяков с глобоидным колесом.

5.3 Определение размеров

Простое предварительное определение размеров пар червячных зубчатых колес выполняется в следующем порядке: после ввода передаточного отношения и числа зубьев червяка рассчитывается предложение для модуля, начальной окружности червяка, делительной окружности и ширины зубчатого венца колеса.

Изменяя различные параметры, в KISSsoft можно создавать разные варианты геометрии. Для всех предложенных вариантов можно рассчитать прочность и распечатать отображение результатов в виде списка. Графическое изображение, в котором отображенное содержание можно варьировать, очень полезно для нахождения оптимального пространства решений. Отдельные варианты можно использовать для подробного исследования в основном расчете.

5.4 Экспорт двух-, трехмерного изображения

Правильная форма зуба цилиндрического червяка представлена в геометрии в двухмерном изображении. Правильная форма зуба глобоидного червячного колеса представлена в геометрии в трехмерном формате в зависимости от выбранного профиля червяка. Интерфейсы CAD-систем позволяют выдачу цилиндрических червяков в виде двухмерного файла в форматах DXF или IGES. Цилиндрический червяк и глобоидное червячное колесо могут быть отображены в виде трехмерных моделей в формате STEP. Графическое изображение контактного анализа возможно с использованием тонкостенной модели в трехмерной геометрии.

Для распространенных в сфере машиностроения CAD-систем предлагаются интеграционные решения, которые позволяют создать 3D-модель цилиндрического червяка непосредственно в CAD-системе. Экспорт глобоидного колеса в данном случае невозможен. С использованием трехмерного варианта тонкостенной модели можно провести анализ пятна контакта. Для этого с помощью соответствующей функциональной кнопки необходимо слегка повернуть колесо относительно другого колеса до появления пятна контакта — процесс заключается в обкатке обеих колес. Во избежание слишком сильного проворачивания колес относительно друг друга рекомендуется увеличить количество вращательных шагов (при заданных свойствах) до 30 или более.

6 Винтовые зубчатые колеса, червяки, цилиндрические червячные колеса

Расчет винтовых зубчатых колес (цилиндрические зубчатые колеса со скрещенными осями) производится по Г. Ниманну (Детали машин II, 1985). Данная версия содержит методы расчета и контроля геометрии винтовых зубчатых колес для любого межосевого угла. При этом существуют различные методы для подтверждения прочности.

Благодаря адаптации стандарта ISO для точечного контакта, KISSsoft предлагает в значительной степени стандартизированный расчет для металлических материалов. Дополнительно были введены методы расчета на прочность для комбинаций «Металл/пластмасса» и «Пластмасса/пластмасса».

Геометрия и контрольный или исполнительный размер определяются в соответствии с общепринятыми стандартами для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным зацеплением.

Также можно выполнить расчет КПД, для этого должно быть соответствующим образом задано значение трения в зацеплении.

6.1 Расчет геометрии

Проверка на столкновение (зацепления) в двухмерном графическом изображении может применяться для винтовых зубчатых колес только в ограниченном объеме, поскольку такая проверка работает только для межосевого угла 90° и отображает только обкатку проекции в среднем сечении (осевое сечение

червяка/торцевое сечение колеса). При межосевом угле Σ не равном 90° , форма зуба в графическом изображении зацепления можно отобразить с помощью нескольких параллельных сечений в осевом направлении червяка.

6.2 Расчет на прочность

6.2.1 ISO 6336/Ниманн

Расчет по ISO 6336/Ниманну применяется для металлических материалов.

Поскольку данный вид контакта отличается от вида контакта для цилиндрических зубчатых колес (точечный контакт вместо линейного), невозможно работать непосредственно со стандартами для цилиндрических зубчатых колес. Однако, благодаря адаптации стандарта ISO для точечного контакта KISSsoft предлагает в значительной степени стандартизированный расчет. Метод расчета по Г. Ниманну (Детали машин, том III) в комбинации с методом ISO 6336 позволяет произвести современный и комплексный расчет на прочность винтовых зубчатых колес (прочность ножки и боковой поверхности зуба, износостойкость и запас прочности на заедание). Расчет эллипса контактного давления по Ниманну производится с учетом особой геометрии винтовых зубчатых колес. В результате определяется эффективная несущая ширина зубчатого венца. Расчет ножки зуба выполняется аналогичным образом согласно ISO 6336, прочность боковой поверхности зуба по Ниманну рассчитывается с учетом коэффициентов срока службы согласно ISO 6336, запас прочности на заедание рассчитывается методом интегральной температуры также по Ниманну (соответствует стандарту DIN 3990).

6.2.2 VDI 2736

Расчет по VDI 2736 применяется для сцепления металлического червяка с пластмассовым колесом. Это новый разработанный стандарт для редукторов винтовой зубчатой передачи, который служит для расчета срока службы и статической прочности. Данный стандарт действителен только для комбинации материала «Металл/пластмасса» с углом скрещивания осей 90° . Колесо 1 (металлический червяк) должно иметь число зубьев, равное < 6 , а колесо 2 (винтовое зубчатое колесо) состоит из частично кристаллического термопласта.

6.2.3 Хёхст

При использовании метода расчета «Червяк по Хёхст» выполняется также расчет на прочность для комбинации металлического червяка с пластмассовым колесом согласно более старому методу. Данный метод действителен для червячных зубчатых колес из материала Hostaform® (POM), сопряженных со стальным червяком. Допустимый коэффициент нагрузки s является критерием для температурной нагрузки. Кроме того, проверяются допустимое контактное напряжение на боковой поверхности зуба и запас прочности на блокировку червячного зубчатого колеса. Для запаса прочности на блокировку определяющим фактором является не повторно-переменная нагрузка, а максимальная нагрузка.

6.2.4 VDI 2545

Расчет по VDI 2545 применяется при наличии полностью пластмассового сцепления.

В этом случае речь идет об адаптации стандарта VDI 2545, применяемого к цилиндрическим зубчатым колесам, для винтовых зубчатых колес. При этом расчет на прочность производится для угла пересечения осей, не равного 90° , и возможен для пары пластмасса/пластмасса.

6.2.5 Статический метод

С помощью статического расчета проводится статическая оценка пределов прочности и текучести. Расчет винтовых зубчатых колес, сопряженных с червяком, как правило, показывает слишком низкие запасы прочности. Дополнительно можно проводить проверочный расчет червячного зубчатого колеса на предмет сдвига.

6.2.6 Пех

При использовании данного метода рассчитываются пластическая деформация, степень износа и общий износ (в нормальном сечении на диаметре начальной окружности) пластмассового червячного зубчатого колеса.

6.3 Определение размеров

Простое предварительное определение размеров пар винтовых зубчатых колес выполняется в следующем порядке: после ввода передаточного отношения и числа зубьев колеса 1 (червяк) рассчитывается предложение для модуля, межосевого расстояния, делительной окружности колес 1 и 2 и ширины зубчатого венца колеса.

Изменяя различные параметры, в KISSsoft можно создавать разные варианты геометрии. Для всех предложенных вариантов рассчитывается прочность и печатается отображение результатов в виде списка. Графическое изображение, в котором отображенное содержание можно варьировать, очень полезно для нахождения оптимального пространства решений. Отдельные варианты можно использовать для подробного исследования в основном расчете.

6.4 Экспорт двух-, трехмерного изображения

KISSsoft имеет множество интерфейсов для всех известных CAD-программ. С одной стороны, зубчатые зацепления могут выводиться в виде двухмерных изображений. С другой стороны, имеется функция экспорта трехмерного изображения 3D-STEP, включающая все модификации боковых поверхностей. С помощью вывода измерительной сетки можно проводить топологическое измерение.

7 Корончатые зубчатые колеса

Расчет корончатых зубчатых колес в KISSsoft включает геометрию корончатого колеса и шестерни, а также расчет на прочность в соответствии с разными стандартами. Поддерживаются разные конструктивные виды корончатых зубчатых колес с межосевым углами неравными 90° , а также с осевым смещением шестерни или без него.

7.1 Расчет геометрии

Расчет формы зуба производится посредством моделирования процесса изготовления с помощью зуборезного долбяка. Двухмерное графическое изображение осуществляется внутри, посередине и снаружи. В частности, в двухмерном формате можно контролировать подрезание и заострение зуба, при этом можно задать изменение высоты головки зуба во избежание заострения зуба.

7.2 Расчет на прочность

Расчет на прочность основан на аналогичном расчете цилиндрических зубчатых колес по ISO 6336 или DIN 3990 в соответствии с методом CrownGear или на аналогичном расчете конических зубчатых колес по методу ISO 10300. С помощью расчета линий касания можно определить предположительный

угол наклона линии зуба на эквивалентном цилиндрическом зубчатом колесе. Таким образом также можно получить скорость скольжения и запас прочности на заедание по всей ширине зубчатого венца.

7.3 Определение размеров

KISSsoft предлагает большое количество инструментов для расчета. Смещение по ширине может быть рассчитано таким образом, что возможно достижение заданных углов зацепления внутри и снаружи. На корончатом зубчатом колесе изменения высоты головки зуба могут рассчитываться в соответствии с минимальной толщиной зуба на головке.

7.4 Экспорт двух-, трехмерного изображения

Шестерня и корончатое зубчатое колесо могут выводиться в формате трехмерной модели 3D-STEP. Для шестерни можно определить несколько модификаций боковых поверхностей. Графическое изображение контактного анализа с помощью тонкостенной модели позволяет проводить проверку пятна контакта посредством линий касания. Благодаря этому можно оптимизировать пятно контакта. В результате данные модели можно экспортировать для анализа методом конечных элементов или 5-осевого фрезерования. С помощью вывода измерительной сетки можно проводить топологическое измерение.

8 Некруглые зубчатые колеса

Некруглые зубчатые колеса используются в целях реализации переменных передаточных отношений во время одного цикла движений. Типичная область применения включает в себя приводные механизмы с изменяющимися требованиями к частоте вращения и крутящему моменту.

KISSsoft рассчитывает форму зубьев сопряженных некруглых зубчатых колес на основе моделирования процесса изготовления с помощью зуборезного долбяка. Зубчатое зацепление, подрезание и заострение зуба можно визуально проверить на двухмерных графических изображениях зубчатого зацепления.

Заданные значения могут быть получены тремя различными способами:

- а) Межосевое расстояние и кривая передаточного отношения
- б) Кривая обката обоих некруглых зубчатых колес
- в) Кривая обката колеса и межосевое расстояние

Для некруглых зубчатых передач отсутствует расчет на прочность. Прочность можно определить путем расчета эквивалентных круглых цилиндрических зубчатых колес при расчете пары цилиндрических зубчатых колес.

9 Бевелоидные зубчатые колеса

Бевелоидные зубчатые колеса представляют собой конические зубчатые колеса, которые создаются путем нарезания методом обкатки с помощью повернутого на заданный угол инструмента в виде зубчатой рейки. Бевелоидные зубчатые колеса применяются, прежде всего, в двух областях. С одной стороны, можно создавать межосевой угол между двумя зацепляемыми зубчатыми колесами, с другой стороны, два бевелоидных зубчатых колеса могут использоваться с противоположными углами конуса для создания зубчатого зацепления без зазора. Бевелоидные зубчатые колеса с межосевым углом могут использоваться для создания компактной конструкции механизма зубчатой передачи.

9.1 Расчет геометрии

Основной расчет геометрии и формы зуба отдельного бевелоидного зубчатого колеса выполняется по методу К. Рот, а также согласно соответствующим стандартам для цилиндрических зубчатых колес (например DIN 3960, DIN 867 и т. п.). В соответствии с этим создается бевелоидное зубчатое колесо с помощью аналогичного процесса изготовления, что и цилиндрическое зубчатое колесо, за исключением того, что смещение исходного контура меняется по ширине зубчатого венца. В результате этого меняются и все параметры, зависящие от смещения исходного контура. Для косозубых зацеплений инструмент наклоняется относительно угла конуса дополнительно и на угол наклона линии зуба. За счет этого в торцевом сечении возникает трапецевидный исходный контур с разными углами зацепления на левой и правой стороне. Таким образом возникает и сильное изменение формы зуба, так как изменяются, например, основные окружности.

За счет изменения смещения исходного контура по ширине зубчатого венца в бевелоидных зубчатых колесах часто повышается риск возникновения подрезания ножки или заострения зуба.

9.2 Расчет на прочность

Так как отсутствует отдельный стандарт для расчета прочности бевелоидных зубчатых колес, то для расчета используется эквивалентное зацепление цилиндрических зубчатых колес в среднем сечении. Таким образом, KISSsoft позволяет выполнять оценку прочности в соответствии со многими, обычно используемыми для цилиндрических зубчатых колес стандартами расчета прочности, например ISO, DIN, AGMA и т. п. Задание спектров нагружений позволяет устанавливать подробные заданные значения для нагрузок и определения повреждений.

9.3 Экспорт двух-, трехмерного изображения

Бевелоидные зубчатые колеса могут выводиться в формате трехмерной модели 3D-STEP. Для обоих зубчатых колес можно определить несколько модификаций боковых поверхностей. Графическое изображение контактного анализа с помощью тонкостенной модели позволяет проводить проверку пятна контакта посредством линий касания. Благодаря этому можно оптимизировать пятно контакта с модификациями, такими как отрицательная бочкообразность и модификации угла наклона линии зуба. В результате данные модели можно экспортировать для анализа методом конечных элементов или 5-осевого фрезерования. С помощью вывода измерительной сетки можно проводить топологическое измерение.

10 Расчет формы зуба

В качестве специального расчета для цилиндрических зубчатых колес можно задавать любое количество шагов изготовления с собственными формами фрезы и зуба. По желанию таким способом рассчитывается геометрия сопряженного колеса. Полученные в результате шаги изготовления могут анализироваться в контактном анализе под нагрузкой и выводиться в модели трехмерного изображения. Для эвольвентных зубчатых зацеплений возможна оптимизация ножки зуба посредством эллиптического скругления ножки зуба. В качестве незвольвентных зубчатых зацеплений можно напрямую задавать передачи с циклоидальными и круговыми зубьями.

11 Прочие специальные расчеты для зубчатых зацеплений

KISSsoft позволяет детально рассчитать боковой зазор с использованием монтажных положений и диапазонов рабочей температуры. Для пластмассовых зубчатых зацеплений можно учитывать набухание. Дополнительно можно рассчитывать и выводить глубину упрочненного слоя в соответствии с различными литературными источниками. Различные расчеты выполняются с учетом процесса изготовления. С одной стороны, для косозубых зацеплений с бочкообразностью рассчитывается возникающий твист, связанный с изготовлением. С другой стороны, при выборе имеющегося инструмента для правки проверяется, какие в результате этого возникают профильные модификации головки зуба.