Министерство образования Российской Федерации

Тольяттинский государственный университет

Автомеханический институт

Механико-технологическое отделение

Кафедра “Резание, станки и инструменты”

**ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ НА ПЭВМ**

Методические Указания

к курсовому проектированию

по дисциплине

"Расчет и конструирование станков"

Специальность 151002 «Металлообрабатывающие станки и комплексы»

Тольятти 2005

Составитель ГОМЕЛЬСКИЙ М. В.

Утверждено на заседании кафедры " " 2005 г.

Методические указания содержат порядок подготовки исходных данных для расчета зубчатых передач металлорежущих станков и описание работы с программой на ПЭВМ. Предназначены для студентов, выполняющих курсовое проектирование по дисциплине "Расчет и конструирование станков", а также для работающих над дипломным проектом.

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

1. Общий порядок расчета
2. Проектный расчет передач
3. Исходные данные для проектного расчета
4. Выполнение проектного расчета
5. Проверочный расчет передач на ПЭВМ
6. Подготовка исходных данных
7. Ввод исходных данных в режиме диалога
8. Выполнение проверочного расчета
9. Анализ результатов и коррекция исходных данных

3.5 .Ввод исходных данных в табличной форме

Литература

В настоящих методических указаниях приведено описание порядка работы с программой для проверочного расчета зубчатых колес на ПЭВМ.

Программа предназначена для расчета цилиндрических и конических, прямозубых и косозубых, корригированных и некорригированных зубчатых пар.

Одновременно может быть подвергнуто проверочному расчету до пяти пар зубчатых колес.

Перечень использованных обозначений

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Условные обозначения | | Н а и м е н о в а н и е | Размерность |
| В формулах | В программе |  |  |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  | BETA | Угол наклона зубьев | град |
|  | MOD | Модуль нормальный | мм |
|  | Z1 | Число зубьев ведущего колеса |  |
|  | Z2 | Число зубьев ведомого колеса |  |
|  | B1 | Ширина зубчатого венца ведущего колеса | мм |
|  | B2 | Ширина зубчатого венца ведомого колеса | мм |
|  | BK | Ширина зубчатого венца, находящаяся в контакте (для колес, переключаемых передвижением по оси) | мм |
|  | N - РАСЧ | Расчетная частота вращения ведущего колеса | об/мин |
|  | N - MAX | Максимальная частота вращения ведущего колеса | об/мин |
|  | M - РАСЧ | Расчетный крутящий момент на ведущем колесе |  |
|  | EPS1 | Коэффициент коррекции ведущего колеса |  |
|  | EPS2 | Коэффициент коррекции ведомого колеса |  |
|  | К - ПЕР. ИЗГ. | Коэффициент перегрузки по изгибу |  |
|  | К - НЕР. ИЗГ. | Коэффициент неравномерности при расчете на изгиб |  |
|  | K - ПЕР. ИЗГ. | Коэффициент перегрузки по контактным напряжениям |  |
|  | V - MAX | Наибольшая окружная скорость в передаче | м/с |
|  | [S]И1  [S]И2 | Допускаемое напряжение изгиба в зубе ведущего колеса  Допускаемое напряжение изгиба в зубе ведомого колеса | МПа  МПа |
|  | [S]K1  [S]K2 | Допускаемое контактное напряжение для ведущего колеса  Допускаемое контактное напряжение для ведомого колеса | МПа  МПа |
|  | S - ИЗ1  S - ИЗ2 | Действующее напряжение изгиба в зубе ведущего колеса  Действующее напряжение изгиба в зубе ведомого колеса | МПа  МПа |
|  | S - КОН | Действующее контактное напряжение | МПа |
|  | Т | Время работы передачи с нагрузкой | час |
|  |  | Коэффициент ширины зуба (отношение ширины венца к модулю цилиндрической передачи) |  |
|  |  | Коэффициент ширины зуба конической передачи |  |

1. **ОБЩИЙ ПОРЯДОК РАСЧЕТА**
2. **Проектный расчет передач**

Проектный расчет передач производится с целью ориентировочного определения модуля. При этом можно не учитывать характерные условия работы и особенности конструкции передач. Полученное в результате расчета значение модуля округляется до ближайшей стандартной величины и затем используется в качестве одного из исходных данных для проверочного расчета. Проектный расчет выполняется вручную.

**1.2 Проверочный расчет передач**

Проверочный расчет выполняется на ПЭВМ, совместимых с IВМ, в режиме сеанса MS DOS. По окончании расчета компьютер выдает следующие результаты:

- таблица исходных данных;

- величина максимальной окружной скорости рассчитываемой передачи;

- значение действующих и допускаемых изгибных и контактных напряжений.

Эти данные необходимы для оценки возможности использования передачи принятых габаритов в реальном приводе.

Если величина наибольшей окружной скорости превосходит величины, рекомендуемые для данного вида привода, а степень точности слишком высока и достижение ее экономически нецелесообразно, то исходные данные для расчета следует изменить, добиваясь уменьшения габаритов передачи.

Если действующие напряжения любого из двух видов значительно меньше допускаемых, это означает, что передача недогружена и размеры ее неоправданно завышены. Если действующие напряжения превышают допускаемые, то прочность передачи не обеспечена. В том и в другом случае необходимо изменить какие-либо из исходных данных. Например, могут быть изменены размеры передачи (модуль, ширина зубчатого венца), материал зубчатых колес и т. д. Затем измененные исходные данные вновь вводят в компьютер и повторяют проверочный расчет до тех пор, пока действующие напряжения не станут близкими к допускаемым, оставаясь меньше последних. При этом следует иметь в виду, что действующие напряжения изгиба обратно пропорциональны квадрату модуля передачи, а сама величина модуля дискретна. Поэтому изменять модуль целесообразно лишь при значительном несоответствии действующих и допускаемых напряжений. Ширину же зубчатого венца можно назначать любой в пределах допускаемых значений, варьирование этой величиной позволяет добиться достаточно близкого совпадения допускаемых и действующих напряжений.

1. **ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ ПЕРЕДАЧ**

Перед тем как выполнять проверочный расчет, необходимо выполнить ориентировочный (прикидочный) проектный расчет передачи для того, чтобы получить в качестве исходных данных для проверочного расчета следующие величины:

 - модуль передачи;

 - ширина зубчатого венца.

1. **Исходные данные для проектного расчета**

Для выполнения ориентировочного проектного расчета необходимы следующие исходные данные:

*  - крутящий момент на валу ведущего зубчатого колеса передачи, Нм. Определяется для каждого вала привода с учетом к. п. д. и положения о расчетных цепях;
*  - число зубьев ведущего зубчатого колеса передачи;
*  - число зубьев ведомого зубчатого колеса передачи (числа зубьев колес передач привода определяются при кинематическом расчете);
*  - коэффициент ширины зуба (соотношение ширины рассчитываемого зубчатого венца и модуля передачи). Для цилиндрических передач в приводах станков принимают обычно . При проектном расчете можно принять.

Для конических передач при ориентировочном расчете можно принимать



* материал колес зубчатой пары и ориентировочное значение допускаемых напряжений изгиба , МПа;
*  - угол наклона зубьев, град.

Некоторые виды материалов зубчатых передач, на применение которых рассчитана данная методика, приведены в табл. 2. Здесь и даны ориентировочные значения допускаемых напряжений. Значения допускаемых напряжений даны без учета коэффициентов надежности и безопасности, технологии обработки зубьев, режима переменности нагрузки и других показателей.

Материалы зубчатых колес для расчета по данной программе Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Марка стали | Вид термообработки | Ориентиров. значение , МПа | Преимущественная область применения |
| 40Х | Нормализация | 150 | Механизмы с малоизменяю- щейся, небольшой нагрузкой,  приводы подач и т.п. |
| 40Х | Улучшение | 180 |
| 40Х | Закалка с нагревом ТВЧ (до выкружки) | 140 | Приводы главного движения станков с относительно  спокойной нагрузкой (станки токарного и сверлильного типа, нагруженные приводы подач) |
| 40Х | Закалка с нагревом ТВЧ с охватом дна впадины (для модуля менее 5) | 190 |
| 20Х | Цементация и закалка | 290 | Приводы главного движения в станках со значительными динамическими нагрузками:  токарных и сверлильных с торможением противовклю-чением, быстроходных станков с  разгоном непосредственным включением асинхронного электродвигателя, фрезерных и других станках с переменными силами резания |
| 12ХН3А | Цементация и закалка | 320 |
| 18ХГТ | Цементация и закалка | 290 |

**2.2 Выполнение проектного расчета**

Ориентировочно величина модуля прямозубой цилиндрической зубчатой передачи может быть определена по формуле

, мм

где  - коэффициент нагрузки, принимаемый в ориентировочном расчете равным 1,5;

у- коэффициент формы зуба. Может быть принят по данным работы [1]. Для  = 16...100, y = 0,105...0,15. При ориентировочном расчете можно принять у=0,12.

Значения остальных величин, входящих в формулу, получены при подготовке исходных данных для проектного расчета.

Полученное значение модуля округляют до ближайшего стандартного значения. Предпочтительно применять модули зубчатого зацепления из 1-го ряда:  = 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20. Однако, при необходимости можно использовать стандартные значения модуля из 2-го ряда.

Значения модуля больше 20 используются в станкостроении крайне редко. Значения модуля менее 2 мм в приводах главного движения и подачи металлорежущих станков обычно не используют, поэтому применять m<2 в курсовом проекте не следует.

Для ориентировочной оценки величины модуля прямозубой цилиндрической передачи может быть использована табл. 3.

Приведенные в таблице данные рассчитаны для прямозубой передачи, зубчатые колеса которой изготовлены из стали 12ХН3А, цементированной и закаленной, при коэффициенте ширины зуба = 8 и числе зубьев ведущего колеса =25. Конструктивные особенности передачи и прочие дополнительные факторы не учтены.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Крутящий момент М, Нм | 5 | 10 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 |
| Модуль передачи m, мм | 1 | 1 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 |

Для конической зубчатой передачи величина модуля может быть ориентировочно определена по формуле

 , мм

Полученное значение модуля округляют до ближайшего значения в предпочтительном ряду модулей конических зубчатых колес по табл. 4

Предпочтительный ряд модулей для конических зубчатых колес Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 ряд | 2 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 8,0 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 |
| 2 ряд | 2,25 2,75 3,5 4,5 5,5 7,0 9,0 11 14 18 22 | | | | | | | | | | | |

**3. ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ПЕРЕДАЧ НА ПЭВМ**

**3.1 Подготовка исходных данных**

Программа позволяет выполнять одновременно расчет от одной до пяти различных зубчатых передач.

Для ускорения и облегчения ввода в ПЭВМ исходных данных их рекомендуется подготовить в виде таблицы по форме табл. 5. В таблице показан и пример ее заполнения.

Пример заполнения таблицы исходных данных

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование | Обозна  чение | Размер  ность | Номер передачи | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Расчетный момент на валу ведущего колеса | М | Нм | 100 | 150 |  |  |  |
| 2 | Вид передачи |  |  | цилиндр косозуб | конич. прямозуб |  |  |  |
| 3 | Угол наклона зуба |  | град | 12,3 | 0 |  |  |  |
| 4 | Модуль передачи | m | мм | 2,5 | 3 |  |  |  |
| 5 | Число зубьев ведущего колеса |  |  | 24 | 21 |  |  |  |
| 6 | Число зубьев ведомого колеса |  |  | 48 | 21 |  |  |  |
| 7 | Ширина зубчатого венца ведущего колеса |  | мм | 25 | 18 |  |  |  |
| 8 | Ширина зубчатого венца ведомого колеса |  | мм | 25 | 18 |  |  |  |
| 9 | Конструкция (признак переключения) передачи |  |  | Переклю-чаемая | Неперек-лючаемая |  |  |  |
| 10 | Расположение зубчатого колеса на валу |  |  | Вблизи опоры | На  консоли |  |  |  |
| 11 | Расчетная частота вращения ведущего колеса |  | об/мин | 250 | 800 |  |  |  |
| 12 | Наибольшая частота вращения ведущего колеса |  | об/мин | 1000 | 1250 |  |  |  |
| 13 | Время работы передачи с нагрузкой | Т | час | 5000 | 5000 |  |  |  |
| 14 | Коэффициент коррекции ведущего колеса |  |  | 0,2 | 0 |  |  |  |
| 15 | Коэффициент коррекции ведомого колеса |  |  | -0,2 | 0 |  |  |  |
| 16 | Признак связи колеса с шестерней |  |  | Не  паразит-ное | Не  паразит-ное |  |  |  |
| 17 | Режим нагрузки передачи |  |  | Среднетя-желый | Среднетя-желый. |  |  |  |
| 18 | Характер процесса резания |  |  | Равно-мерный | Равно-мерный |  |  |  |
| 19 | Вид механической обработки зубьев |  |  | шлифован | не шлифован |  |  |  |
| 20 | Материал ведущего колеса |  |  | 40Х, ТВЧ с охватом впадин | 20Х,  цемента-ция |  |  |  |
| 21 | Материал ведомого колеса |  |  | 40Х, ТВЧ с охватом впадин | 20Х,  цемента-ция |  |  |  |

В табл. 5 содержатся следующие исходные данные:

3.1.1. Расчетный момент на валу ведущего зубчатого колеса М, Нм.

Величина его берется из исходных данных для проектного расчета.

3.1.2. Вид передачи.

Программа рассчитывает четыре вида передач:

цилиндрическая прямозубая,

цилиндрическая косозубая,

коническая прямозубая,

коническая с круговым зубом.

3.1.3. Угол наклона зуба . Указывается в градусах и долях градуса через десятичную точку. Величина должна быть округлена до десятых долей. Например, если угол составляет  = 20030/15//, то следует вводить значение 20.5. Если колеса прямозубые, в этой графе проставляется нуль.

3.1.4. Модуль "m" указывается тот, который был выбран при проектном ориентировочном расчете.

3.1.5. Величина z1 соответствует числу зубьев ведущего колеса независимо от того, какое колесо имеет больше зубьев (т.е. передача повышающая или понижающая). Принимается из кинематического расчета.

3.1.6. z2 - число зубьев для ведомого колеса пары.

3.1.7. Ширина зуба , ведущего колеса назначается в зависимости от выбранного значения  (см. п. 2.1.) и, следовательно,

 - для цилиндрических колес

и  - для конических колес.

3.1.8. Ширина зуба  ведомого колеса для передач, переключаемых перемещением блоков вдоль оси, выбирается обычно равной :



Для конических передач - также.

Для передач, не переключаемых передвижением вдоль оси, ширина одного из колес может быть выбрана несколько большей , чем другого (на 1…2 мм).

3.1.9. Конструкция (признак переключения) передачи. Здесь указывается один из двух вариантов:

- колеса переключаемые передвижением вдоль оси,

- колеса не переключаются передвижением вдоль оси.

Первый признак указывается для передвижных блоков зубчатых колес.

Второй признак соответствует одиночной передаче, а также передачам, переключаемым с помощью муфт.

3.1.10. Расположение зубчатого колеса на валу.

Возможные варианты:

- колесо расположено приблизительно симметрично относительно опор;

- колесо расположено вблизи одной из опор;

- колесо на консоли.

Оценить расположение зубчатого колеса можно по предварительно разработанной кинематической схеме привода.

3.1.11. Расчетная частота вращения  указывается для ведущего зубчатого колеса пары и выбирается из анализа расчетной цепи по графику частот вращения.

3.1.12. Наибольшая частота вращения  указывается для ведущего зубчатого колеса пары и выбирается по графику частот вращения.

3.1.13. Время Т работы передачи под нагрузкой берут из задания на проектирование. Если в задании эта величина не указана, можно с некоторым запасом принять Т= 5000час

3.1.14. Коэффициент коррекции ведущего колеса . Принимается , если колесо не корригированное.

В противном случае коэффициент коррекции указывается знаком “-” (минус), если коэффициент  отрицательный и без знака, если он положительный.

3.1.15. Коэффициент коррекции ведомого колеса  указывается аналогично п. 3.1.14.

3.1.16. Признак связи шестерни и колеса может быть четырех видов:

- не паразитные ни шестерня, ни колесо;

- паразитное ведущее колесо;

- паразитное ведомое колесо;

* паразитные оба колеса.

Этот признак учитывается при расчете в связи с тем, что на паразитном колесе зубья вступают в работу вдвое чаще, чем на колесе обычном, и, следовательно, претерпевают вдвое большее число циклов нагружения.

Наиболее часто реализуется первый вид признака.

3.1.17. Режим нагрузки, если он не указан в задании, может быть выбран из табл. 6.

###### Таблица 6

|  |  |
| --- | --- |
| Режим | Характерен для приводов станков |
| Тяжелый и постоянный | Тяжелые станки с непрерывным процессом резания, например, карусельные |
| Средне - тяжелый | Крупные станки |
| Средний | Универсальные станки среднего размера |
| Средне - легкий | Станки для чистовой обработки |

3.1.18. Характер процесса резания зависит от вида обработки, выполняемой на проектируемом станке, принимается по табл.7.

###### Таблица 7

|  |  |
| --- | --- |
| Характер процесса резания | Пример вида обработки |
| Равномерный | Точение с равномерным припуском , сверление и т.п. |
| Неравномерный | Точение с неравномерным припуском (поковки, литье) и т.п. |
| Прерывистый | Фрезерование, точение по прерывистому контуру и т.п. |

3.1.19. Вид механической обработки зубьев выбирается в зависимости от ожидаемой окружной скорости в передаче. Если  м/с, то можно принимать, что зубья не шлифованы.

Для  м/с принимают, что зубья шлифованы.

3.1.20. Материал ведущего и ведомого колеса передачи выбирают чаще всего одинаковыми. Однако программа допускает расчет и для различных материалов колес пары. Различный материал для шестерни и колеса выбирают, если для одного из колес пары по каким-либо соображениям необходима более высокая прочность.

Рекомендации по выбору материала см. в п. 2.1, табл. 2.

**3.2 Ввод исходных данных в режиме диалога**

Исходные данные вводятся в память компьютера в режиме диалога с использованием подготовленной по п. 3.1 таблицы.

Для осуществления ввода необходимо:

* включить компьютер и принтер;
* если компьютер работает в среде WINDOWS, необходимо перейти в DOS (NORTON или DN) ;

- найти на панелях NORTON каталог ZUB (см. пример в табл. 8), подвести под него курсор и нажатием клавиши "ENTER" вызвать на экран перечень входящих в него файлов: prog1.dat; prog1. exe; prog1. vix; vvod. … (см. пример в табл. 9).

Таблица 8

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| D:\ | | |
| Name  ARCHIVE  DEMPF  GAME  MATLAB  NORTON  OPORA  PCI  PRIM  WAL  ZUB  sd ini  treeinfo ncd | Name | Name |
| ZUB SUB-DIR 1.01.98 | | |

Таблица 9

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| D:\ZUB | | |
| Name  ..  zub bat prog1 dat  vvod exe prog1 exe  prog1 mat  prog1 vix | Name | Name |
| vvod. exe 62568 18.09.90 10.39 | | |

Затем необходимо подвести курсор под файл "vvod.exe" и запустить программу ввода. На экране появляется следующий текст, в ответ на запросы которого, исходные данные вводятся в режиме диалога:

1. Ввод исходных данных для проверочного расчета.
2. Корректировка исходных данных.
3. Выход из программы.

Здесь следует ввести номер пункта, по которому должна вестись работа. Например, выбран пункт “Ввод исходных данных для проверочного расчета”. Тогда следует ввести :

1

После этого на экране возникает текст:

1. Все данные вводятся с десятичной точкой

(Это означает, что все числа следует вводить с десятичной точкой-разделителем независимо от того, дробное это число или целое. Например: 254. или 12.2)

1. Введите количество рассчитываемых передач.

( Здесь вводится количество передач, которые предполагается рассчитывать. Следует иметь в виду, что в одном сеансе расчета программа может рассчитывать не более пяти передач, поэтому, если число рассчитываемых передач больше пяти, то следует проводить более одного сеанса расчета.)

4.

Далее на экране возникают запросы о параметрах отдельных передач:

Передача № 1.

Расчетный момент на валу ()

262.

Укажите вид рассчитываемой передачи:

Цилиндрическая прямозубая .................................... 2

Цилиндрическая косозубая ....................................... 3

Коническая прямозубая ............................................ 4

Коническая с круговым зубом ................................. 5

2.

Угол наклона зуба (градусы, доли градуса)

0.

Модуль передачи (мм)

5.

Число зубьев ведущего колеса

26.

Число зубьев ведомого колеса ... и так далее.

В процессе ввода исходных данных на экране периодически возникает запрос: “Хотите что-то изменить? (да - 0), (нет - 1)”. Это позволяет изменить некоторые исходные данные, введенные ошибочно. Если в ответ на этот запрос ввести "0", то на экран снова поступают запросы и меню по нескольким введенным ранее исходным данным, что позволяет ввести их повторно и исправить ошибку, не прибегая к программе коррекции.

После ввода наибольшей частоты вращения ведущего колеса программа осуществляет контроль максимальной окружной скорости в передаче в соответствии с допускаемыми значениями (табл. 10.).

###### Таблица 10

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид зубчатой передачи | Наибольшая допустимая окружная скорость, м/с | Степень точности зубчатых колес |
| Прямозубая |  | 8 |
|  |  | 7 |
|  |  | 6 |
| Косозубая |  | 8 |
|  |  | 7 |
|  |  | 6 |

Если окружная скорость в передаче оказывается больше допустимой, то на экран выводится сообщение, например, такое:

ОКРУЖНАЯ СКОРОСТЬ БОЛЬШЕ ДОПУСТИМОЙ Vmax=52,6

ИЗМЕНИТЕ ОДИН ИЗ ПАРАМЕТРОВ:

1. МОДУЛЬ ПЕРЕДАЧИ М

2. ЧИСЛО ЗУБЬЕВ ШЕСТЕРНИ Z1

ВВЕДИТЕ НОМЕР ИЗМЕНЯЕМОГО ПАРАМЕТРА

Дальнейший ввод блокируется до тех пор, пока в исходные данные не будут внесены изменения. В этом случае следует изменить исходные данные так, чтобы окружная скорость была в допустимых пределах. Снижения скорости можно добиться изменением радиальных габаритов передачи: уменьшив либо сумму чисел зубьев в передаче (сохраняя передаточное отношение), либо - модуль. Иногда приходится уменьшать и то и другое. Следует, однако, иметь в виду, что уменьшение числа зубьев и модуля приводит к снижению прочности зубьев. Поэтому в большинстве случаев одновременно с уменьшением габарита следует назначить другой, более прочный материал для колес передачи.

Уменьшения окружной скорости можно достичь также, снизив наибольшую частоту вращения передачи. Уменьшить наибольшую частоту вращения передачи можно, пересмотрев построение графика частот вращения. Такой прием далеко не всегда удобен. Он требует изменений в подходе к конструкции привода, нового расчета чисел зубьев в передачах и определения крутящих моментов в наиболее нагруженных передачах. Однако, иногда приходится применять такой прием, если нет другого выхода.

Наконец, можно применить вместо прямозубой косозубую передачу, что позволяет увеличить допустимую окружную скорость (см. табл. 10). Однако, если передача - переключаемая, то переключать ее в этом случае придется с помощью муфт, а не перемещением вдоль оси.

Прежде, чем корректировать исходные данные, стоит прикинуть, как новые исходные данные повлияют на изменение скорости (это, кстати, полезно сделать еще на этапе подготовки исходных данных, тогда все корректировки можно сделать заранее).

Максимальная окружная скорость в передаче может быть определена по формуле:

для цилиндрических передач

 , м/с

для конических передач

, м/с

Далее вводятся все остальные исходные данные последовательно для всех рассчитываемых передач.

**3.3 Выполнение проверочного расчета**

По окончании ввода программа завершается и на экране вновь появляется панель NORTON (табл. 9). Для выполнения проверочного расчета следует подвести курсор под название файла prog1.exe и нажать клавишу "ENTER". На экран поступает сообщение:

\_\_\_\_ РАБОТАЕТ ПРОГРАММА \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС \_\_\_\_\_\_\_\_\_

ВВЕДИТЕ ИМЯ

С клавиатуры следует ввести:

prog1

Следует запрос:

РЕЗУЛЬТАТ ВЫВОДИТЬ

1. ПЕЧАТЬ
2. ДИСК

Для удобства анализа результатов следует вначале ввести "2". Если ввести 2, то результаты записываются в файл prog1.vix на диске, а на принтере не распечатываются. Признаком окончания расчета служит выход из программы и появление на экране монитора панелей NORTON. Для просмотра и анализа результатов расчета на экране монитора следует подвести курсор на файл prog1.vix и нажать клавишу F3 ("vien" - по краевому меню.) После этого на экране появляется таблица с исходными данными и результатами расчета. Таблица имеет форму табл. 11. В этой таблице верхняя часть занята распечаткой исходных данных, нижняя часть - результатами расчета.

**3.4. Анализ результатов и коррекция исходных данных в режиме диалога**

Результаты расчета следует проанализировать, сравнивая действующие напряжения в зубьях передачи с допускаемыми.

В том случае, если какая-либо из передач перегружена, то в нижней части таблицы появляется дополнительная строка "недостаточная прочность", причем в этом случае перегруженная передача отмечается знаком "\*".

Если зубья колес передачи сильно недогружены (действующие напряжения значительно меньше допускаемых) или перегружены (действующие напряжения больше допускаемых), следует изменить параметры передачи так, чтобы добиться удовлетворительного результата.

Для изменения параметров следует вновь запустить файл "vvod.exe". Порядок ввода данных при изменении параметров см. ниже.

Если же результаты расчета Вас устраивают, то вывести их на печать можно следующим образом:

- нажать на клавишу ESC и выйти в NORTON

* вновь запустить программу prog1.exe, и после соответствующего запроса заказать вывод результатов на печать вводом цифры "1". Через 1...2 секунды результаты начинают распечатываться на принтере.

Кроме того можно просто заказать печать файла prog1.vix непосредственно из NORTON, нажав клавишу F5.

Содержание файла prog1. vix – результаты расчетов Таблица 11

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС | | | | | | | | | | |
| НАИМЕНОВАНИЕ | РАЗМЕРН. | |  | |  |  | |  |  | |
| НОМЕР ПАРЫ |  | | 1 | | 2 | 3 | | 4 | 5 | |
| УГОЛ НАКЛОНА | ГРАДУСЫ | | 15.0 | | 0. | 0. | | 0. | 0. | |
| МОДУЛЬ | ММ | | 10.0 | | 0. | 0. | | 0. | 0. | |
| Z1 |  | | 23. | | 0. | 0. | | 0. | 0. | |
| Z2 |  | | 154. | | 0. | 0. | | 0. | 0. | |
| B1 | ММ | | 60. | | 0. | 0. | | 0. | 0. | |
| B2 | ММ | | 60. | | 0. | 0. | | 0. | 0. | |
| BK | ММ | | 60. | | 0. | 0. | | 0. | 0. | |
| N - РАСЧ. | ОБ - МИН | | 16.0 | | 0. | 0. | | 0. | 0. | |
| H - MAX | ОБ - МИН | | 320.0 | | 0. | 0. | | 0. | 0. | |
| M - РАСЧ. | Н. М | | 6000. | | 0. | 0. | | 0. | 0. | |
| T | ЧАС | | 5000. | | 0. | 0. | | 0. | 0. | |
| EPS1 |  | | .000 | | .000 | .000 | | .000 | .000 | |
| EOS2 |  | | .000 | | .000 | .000 | | .000 | .000 | |
| K - ПЕР. ИЗГ. |  | | 1.30 | | .00 | .00 | | .00 | .00 | |
| К - НЕР. ИЗГ. |  | | 1.20 | | .00 | .00 | | .00 | .00 | |
| К - ПЕР. КОН. |  | | 1.10 | | .00 | .00 | | .00 | .00 | |
| 1 ПРИЗНАК |  | | 3082. | | 0. | 0. | | 0. | 0. | |
| 2 ПРИЗНАК |  | | 164. | | 0. | 0. | | 0. | 0. | |
| РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА | | | | | | | | | | |
| V - MAX | М - СЕК | 3.99 | | .00 | | | .00 | .00 | .00 |
| S - ИЗ1 | МПА | 384.3 | | .0 | | | .0 | .0 | .0 |
| S - ИЗ2 | МПА | 252.8 | | .0 | | | .0 | .0 | .0 |
| S - КОН | МПА | 1112.3 | | .0 | | | .0 | .0 | .0 |
| [S]И1 | МПА | 401.4 | | .0 | | | .0 | .0 | .0 |
| [S]И2 | МПА | 258.3 | | .0 | | | .0 | .0 | .0 |
| [S]K1 | МПА | 1765.2 | | .0 | | | .0 | .0 | .0 |
| [S]K2 | МПА | 1863.9 | | .0 | | | .0 | .0 | .0 |
| МАТЕРИАЛ Z1  МАТЕРИАЛ Z2 |  | 12XH-3A; AFA; AFA; AFA; AFA;  40X - ТВЧ; AFA; AFA; AFA AFA; | | | | | | | | |

Если результаты расчета какой-либо передачи Вас не устраивают, и необходимо изменить исходные данные, следует снова запустить программу ввода vvod.exe и после появления текста меню:

1. Ввод исходных данных для проверочного расчета
2. Корректировка исходных данных
3. Выход из программы

Ввести "2"

В ответ на экране появляется текст:

ВВЕДИТЕ НОМЕР ПЕРЕДАЧИ, ДЛЯ КОТОРОЙ НЕОБХОДИМО

ВЫПОЛНИТЬ КОРРЕКТИРОВКУ ДАННЫХ

Здесь следует ввести номер одной из передач, для которой корректируются исходные данные.

Затем появляется меню:

ИЗМЕНЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ:

1. МОДУЛЬ ПЕРЕДАЧИ
2. ЧИСЛО ЗУБЬЕВ ШЕСТЕРНИ
3. ЧИСЛО ЗУБЬЕВ КОЛЕСА
4. ШИРИНА ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА ШЕСТЕРНИ
5. ШИРИНА ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА КОЛЕСА
6. МАТЕРИАЛ ШЕСТЕРНИ
7. МАТЕРИАЛ КОЛЕСА

Ведите через пробел номера изменяемых параметров.

Номера параметров, величины которых Вы хотите изменить следует ввести по типу:

2. 3. 6. 7.

Далее ввод исходных данных идет в форме диалога аналогично описанному выше.

По окончании ввода новых исходных данных для первой из корректируемых передач программа выходит в NORTON, и для корректировки исходных данных следующей передачи нужно вновь запустить программу "vvod.exe", ввести "2" (коррекция) и указать номер следующей передачи.

Когда коррекция окончена, снова нужно запустить программу "prog1.exe", и расчет повторяется, как показано выше.

**3.5 Ввод исходных данных в табличной форме**

Ввод исходных данных может быть осуществлен не только в форме диалога, но и более компактно - в виде редактируемой таблицы, содержащей исходные данные. Однако для такого ввода должны быть выполнены дополнительно еще некоторые предварительные расчеты. Необходимо определить три вида коэффициентов:

КПЕРИ- коэффициент перегрузки при изгибе;

КНЕРИ - коэффициент неравномерности нагрузки при изгибе;

КПЕРК - коэффициент перегрузки при расчете контактных напряжений, а также расчетную ширину венца  для определения контактных напряжений.

Коэффициент перегрузки при изгибе определяется в зависимости от соотношения ширины венца и диаметра ведущего зубчатого колеса по табл.12.

###### Таблица 12

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Расположение зубчатого колеса | | |
|  | П р и з н а к | | |
|  | 1 | 2 | 3 |
|  | Колесо расположено симметрично относительно опор | Колесо расположено вблизи одной из опор | Колесо на консоли |
|  | К о э ф ф и ц и е н т | | |
| 0,2 | 1,0 | 1,1 | 1,2 |
| 0,4 | 1,05 | 1,2 | 1,4 |
| 0,6 | 1,1 | 1,3 | 1,7 |
| 0,8 | 1,15 | 1,45 | 2,0 |
| 1,2 | 1,25 | 1,7 | - |

Здесь  - ширина венца, мм;



Коэффициент перегрузки при изгибе КПЕРИ выбирается по табл. 13 в зависимости от характера процесса резания, указанного в подготовленных исходных данных.

###### Таблица 13

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характер процесса резания | | |
| Н е п р е р ы в н ы й | | Прерывистый |
| Равномерный | Неравномерный (неравномерный припуск и т. п.) | Фрезерование, обработка прерывистого контура и т. п. |
| К о э ф ф и ц и е н т КПЕРИ | | |
| 1,3 | 1,5 | 1,7 |

Коэффициент перегрузки КПЕРК при расчете на контактную прочность определяется аналогично КНЕРИ по табл. 14.

###### Таблица 14

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Расположение зубчатого колеса | | |
| b/dш | Колесо расположено симметрично относительно опор | Колесо расположено вблизи одной из опор | Колесо на консоли |
| 0,2  0,4  0,6  0,8  1,2 | 1,0  1,0  1,05  1,1  1,15 | 1,05  1,15  1,2  1,3  1,5 | 1,1  1,15  1,45  1,65  - |

Расчетная ширина зубчатого венца , находящаяся в контакте, определяется следующим образом.

Для цилиндрических зубчатых колес, не переключаемых передвижением вдоль оси, и конических колес величина  принимается равной меньшей ширине из  или , т. е. обычно (если ) или  (если ).

Для цилиндрических зубчатых колес, переключаемых передвижением по оси (например, блоков зубчатых колес), величина  будет меньше ширины зуба, поскольку переключаемые венцы имеют с торцов зубозакругление и скосы под углом 120...150 для облегчения включения. Таким образом длина линии контакта в такой передаче меньше длины зуба (см. рис. 1).

Схема зоны зацепления зубьев переключаемых колес с зубозакруглением

Рис. 1

Из рис. 1 видно, что



Для ввода исходных данных в табличной форме необходимо вызвать в редактор NORTON файл prog1.dat, подведя к нему курсор и нажав клавишу F4. На экране монитора возникает таблица (см. табл. 15).

В этой таблице перечислены исходные данные и в графах, соответствующих рассчитываемым передачам, указаны цифры, которые остались от выполнявшихся ранее расчетов. Пользуясь редактором NORTON’а, эти цифры следует заменить на исходные данные рассчитываемых колес.

Если число рассчитываемых передач меньше 5, то исходные данные для них вносят в первые колонки по порядку. В оставшихся колонках можно не заменять все цифры на нули. Достаточно указать величину модуля, равной нулю в колонке, соответствующей первой из нерассчитываемых передач. Эти передачи и все последующие программа рассчитывать не будет.

Пример файла prog1.dat – исходные данные для расчета

###### Таблица 15

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС | | | | | |
| ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ | | | | | |
| Наименова-ние | Размерность |  |  |  |  |
| Ном. пары | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Разм-ть | \*\*\*\*\*\*.\*\*\* | \*\*\*\*\*\*.\*\*\* | \*\*\*\*\*\*.\*\*\* | \*\*\*\*\*\*.\*\*\* | \*\*\*\*\*\*.\*\*\* |
| Угол накл. | 15.0000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| Модуль | 10.0000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| Z1 | 23.0000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| Z2 | 154.0000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| В1 | 60.0000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| В2 | 60.0000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| ВК | 60.0000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| N - РАСЧ | 16.0000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| N - MAX | 320.0000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| М - РАСЧ | 6000.00000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| Т | 5000.0000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| EPS1 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| EPS2 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| К - ПЕР. ИЗГ | 1.3000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| К - НЕР. ИЗГ | 1.2000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| К - ПЕР. КОН | 1.1000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| ГАММА |  |  |  |  |  |
| 1 ПРИЗНАК | 3082.0000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| 2 ПРИЗНАК | 164.0000 | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| КОНЕЦ ФАЙЛА | | | | | |

В графе "1 ПРИЗНАК" указывают следующие цифры:

Здесь:

Признак вида передачи:

Цилиндрическая прямозубая - 2

Цилиндрическая косозубая - 3

Коническая прямозубая - 4

Коническая с круговым зубом - 5

Признак связи шестерни и колеса:

Не паразитные шестерня и колесо - 0

Паразитная шестерня - 1

Паразитное колесо - 2

Паразитная шестерня и колесо - 3

Признак степени точности:

6-я степень точности - 6

7-я степень точности - 7

8-я степень точности - 8

Степень точности выбирают по табл. 16 в зависимости от максимальной окружной скорости в передаче.

Как показано выше, для цилиндрических передач

 , м/с

для конических передач

 , м/с

###### Выбор степени точности передач Таблица 16

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид передачи | Наибольшая окружная скорость | Степень точности |
|  |  | 6  7  8 |
|  |  | 6  7  8 |

При табличном методе ввода программа в процессе расчета не контролирует наибольшее значение окружной скорости, поэтому за соответствием его допустимым значениям должен следить оператор.

Режим нагрузки:

Тяжелый и постоянный -1

Средне тяжелый -2

Средний -3

Средне - легкий - 4

В графе "2 ПРИЗНАК" указывается следующий набор цифр:

1 5 5 . десятичная точка

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Признак механической обработки | Признак материала шестерни (ведущего колеса) | Признак материала колеса (ведомого) |

Признак механической обработки:

Зубья шлифованы - 1

Зубья не шлифованы - 2

Выбор - см. в п. 3.1.19

Признак материала шестерни (ведущего колеса):

- 40Х нормализованная - 1

- 40Х улучшенная - 2

- 40Х с закалкой нагревом ТВЧ до выкружки впадины - 3

- 40Х с закалкой нагревом ТВЧ с охватом дна впадины - 4

- 20Х цементация и закалка в масле -5

- 12ХН3А цементация и закалка в масле - 6

- 18ХГТ цементация и закалка в масле - 7

Признак материала колеса (ведомого) указывается так же, как и для шестерни.

После того, как заполнение таблицы исходных данных закончено, следует записать их на диск, то есть сохранить файл prog1.dat (если заполнение выполнялось в редакторе NORTON, то это осуществляется нажатием клавиши F2, после чего с помощью клавиши ESC выходят в NORTON). Затем осуществляют запуск программы "prog1.exe" и расчет выполняют как показано выше в п. 3.3.

При необходимости корректировки исходных данных используют тот же прием редактирования файла.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Расчет на прочность цилиндрических зубчатых колес металлорежущих станков. М.: ОНТИ ЭНИМС, 1969. - 88 с.