#### Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



Кафедра деталей машин и основ инженерного проектирования

# ПРОЕКТИРОВОЧНЫЙ РАСЧЕТ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА В МОДУЛЕ АРМ DRIVE

Практический учебный курс APM WinMachine для студентов всех специальностей всех форм обучения

Санкт-Петербург 2008

УДК 621.81

**Молодова Ю.И.** Проектировочный расчет двухступенчатого цилиндрического редуктора в модуле APM Drive. Практический учебный курс APM WinMachine для студентов всех спец. всех форм обучения. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2008. – 17 с.

Рассмотрены примеры проектировочного расчета двухступенчатого цилиндрического редуктора в модуле APM Drive.

Рецензент Доктор техн. наук, проф. В.А. Арет

Рекомендован к изданию редакционно-издательским советом уни-верситета

© Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, 2008

# ПРОЕКТИРОВОЧНЫЙ РАСЧЕТ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА В МОДУЛЕ АРМ DRIVE

Практический учебный курс. APM WinMachine для студентов всех специальностей всех форм обучения Санкт – Петербург

2007

#### УДК 621.81

**Молодова Ю.И.** Проектировочный расчет двухступенчатого цилиндрического редуктора в модуле APM Drive. Практический учебный курс. APM WinMachine для студентов всех спец. всех форм обучения – СПб.: СПбГУНиПТ, 2007 – 15 с.

# Рассмотрены примеры проектировочного расчета двухступенчатого цилиндрического редуктора в модуле APM Drive.

#### Расчет соединений и механических передач в модуле АРМ

Практический учебный курс. APM WinMachine для студентов всех специальностей всех форм обучения

Под ред. Молодовой Ю.И. Расчет соединений и механических передач в модуле АРМ. Практический учебный курс. АРМ WinMachine. Для студентов всех специальностей всех форм обучения – СПб.: СПбГУНиПТ, 2007 – 80 с.

Рассмотрены примеры соединений и механических передач в модуле APM Drive.

Машиностроение является технической базой для всех отраслей промышленности, транспорта и сельского хозяйства.

Современный инженер-конструктор, технолог, исследователь должны в совершенстве владеть методами расчета и конструирования новых приборов, быстроходных высокопроизводительных машин, машин-автоматов, автоматических линий, удовлетворяющих высоким требованиям надежности и точности воспроизведения перемещений рабочего органа.

При создании сложных машин и особенно автоматических линий необходимо прежде всего разработать рациональный технологический процесс, в соответствии с которым конструктору и технологу надлежит проектировать отдельные исполнительные механизмы, механизмы управления, специальные устройства для контроля точности и отбраковки изделий и др.

В зависимости от назначения и выполняемых функций машины можно разделить на следующие классы:

1. *Машины-двигатели*, которые преобразовывают какой-либо вид энергии в другой вид или в полезную работу и наоборот. Например, паровые машины, двигатели внутреннего сгорания, электродвигатели и др.

2. Машины-орудия, среди которых технологические служат для преобразования формы тел: станки для обработки металлов и неметаллов, станки для переработки сырья в пищевой, текстильной, обувной и других отраслях промышленности; транспортирующие машины-орудия: конвейеры, траспортеры, элеваторы, подъемные др.; контрольно-управляющие краны, шнеки И машины, для контроля, управления И предназначенные регулирования технологических про-цессов.

Технический и экономический уровень проектируемых машин зависит от учета направлений развития машиностроения.

# ПРОЕКТИРОВОЧНЫЙ РАСЧЕТ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА В МОДУЛЕ АРМ Drive

# Общий порядок расчета

1. Выбор типа расчета редуктора.

2. Создание кинематической схемы редуктора.

3. Ввод исходных параметров редуктора.

4. Выполнение расчета базового варианта редуктора.

5. Просмотр результатов расчета.

6. Корректировка конструктивных параметров элементов редуктора.

7. Расчет откорректированного варианта редуктора.

8. Генерация чертежей отдельных элементов.

9. Генерация чертежей спроектированного редуктора.

10. Вывод результатов расчета на печать и в файл формата \*.rtf.

# Задача

Выполнить проектировочный расчет двухступенчатого цилиндрического редуктора со следующими параметрами:

- момент на выходе - 2000 H·м;

- частота вращения выходного вала - 20 об/мин;

– передаточное число – 15;

- ресурс работы - 10000 ч;

- типы зубчатых передач - косозубые внешнего зацепления;

– термообработка зубчатых колес – закалка ТВЧ до твердости 50 HRC;

 – расположение шестерни относительно опор вала – несимметричное;

– материал валов – Сталь 40;

- тип подшипников – роликовые радиально-упорные;

- схема установки подшипников - схема «О»;

– режим работы – постоянный.

# РЕШЕНИЕ

# 1. Выбор типа расчета редуктора

Перед началом расчета необходимо выбрать тип расчета проектировочный проверочный. При или открытии нового документа умолчанию предлагается ПО проведение расчета. Для того чтобы проектировочного проверить ЭТО, открываем меню Тип расчета и убеждаемся в наличии флажка напротив опции **Проектировочный** (если это не так, то устанавливаем флажок напротив этого вида расчета).

# 2. Создание кинематической схемы редуктора

Кинематическая схема редуктора состоит из передающих элементов (зубчатых передач), валов и подшипников. Программный модуль APM Drive, предназначенный для расчета элементов кинематических схем, является интегральной средой, объединяющей модули APM Trans, APM Shaft и APM Bear и использующей все их возможности по заданию параметров и выводу результатов расчета соответствующих элементов схемы.

### Создание валов

Задание кинематической схемы начинаем с создания валов. Пусть для примера это будут «вертикальные» валы. Нажимаем кнопку «Вертикальный вал» на инструментальной панели «Валы» (меню Вставка/Вал/Вертикальный), а затем, нажав левую кнопку мыши, изображаем вал «вытягиванием» линии в вертикальном направлении. Вытягивать линию можно или сверху вниз, или снизу вверх. Таким способом создаем три вертикальных вала: входной, промежуточный и выходной.

# Моделирование зубчатых передач

После построения валов размещаем на них зубчатые передачи. В рассматриваемой задаче необходимо использовать косозубые передачи внешнего зацепления, следовательно, нажимаем на «Передачи» инструментальной кнопку «Косозубая панели Вставка/Передача/Косозубая внешнего зацепления» (меню Затем, нажав левую кнопку мыши, внешнего зацепления). «вытягиваем» штриховую линию до другого вала до тех пор, пока не появится динамический объект в виде прямоугольника. Далее щелкаем левой кнопкой мыши, и вместо прямоугольника появляется схематическое изображение зубчатой передачи. Аналогично создаем вторую зубчатую передачу.

#### Размещение подшипников

На каждом из валов кинематической схемы необходимо расположить как минимум два подшипника. Для задания роликового радиально-упорного подшипника нажимаем на инструментальной панели «Подшипники» кнопку «Радиально-упорный роликовый Вставка/Подшипник/Радиально-упорный (левый)» (меню роликовый (левый)) и перемещаем курсор в то место, где на валу будет установлен подшипник – до появления динамического объекта в виде небольшого прямоугольника. Для фиксации места установки подшипника щелкаем левой кнопкой мыши. На одной стороне вала следует установить левые подшипники, а на другой стороне правые, в зависимости от схемы установки «Схема "О" или «Схема В рассматриваемом случае левый "X"». подшипник должен находиться в верхней части валов.

#### Указание входа и выхода схемы

На входе кинематической схемы (на одном из концов входного вала) устанавливаем значок с условным обозначением двигателя (мотора). Для этого на инструментальной панели «Валы» нажимаем кнопку «Входной вал» (меню Вставка/Вал/Входной вал), затем подводим курсор к одному из концов входного вала и после появления на конце вала динамического объекта в виде небольшого квадратика щелкаем левой кнопкой мыши для его установки. Аналогичным способом устанавливаем значок условным С обозначением нагрузки на выходном валу редуктора. Для этого на инструментальной панели «Валы» кнопку нажимаем «Выходной вал» (меню Вставка/Вал/Выходной вал). На этом задание кинематической схемы редуктора завершено (рис. 1).



Рис. 1. Кинематическая схема редуктора

#### Редактирование элементов кинематической схемы

Если возникает необходимость в изменении местоположения отдельных элементов кинематической схемы, а также их удалении или замене одних типов элементов другими, то предварительно такие элементы следует выделить. Для выделения нажимаем на инструментальной панели «Основная» кнопку «Выделить» (меню Правка/Выделить), а затем щелкаем на выделяемом элементе левой кноп-кой мыши – этот элемент выделится.

С выделенными элементами возможно проведение следующих действий:

Удаление. Для удаления выделенных элементов нужно нажать на панели инструментов «Основная» кнопку «Удалить» (меню Правка/Удалить).

Изменение положения выделенного элемента. Подводим курсор к выделенному элементу и, как только курсор приобретает вид Ф, нажимаем левую кнопку мыши и, не отпуская ее, перемещаем этот элемент схемы. Данная операция применима к передачам и подшипникам: она позволяет сместить их вдоль вала, а также к отдельному валу – его можно переместить в любом направлении.

Примечание. После выполнения этой операции все установленные на валу подшипники сместятся вместе с валом. Передачи останутся на месте, но при перемещении валов в поперечном направлении (т. е. в поле чертежа – справа налево) изменится масштаб изображения передач. Изменение размеров валов. При выделении вала его левый конец отмечается белым квадратиком, а правый – черным. Пользователь имеет возможность изменить положение правого конца вала в направлении его оси. Для изменения размера вала подводим курсор к черному концу выделенного вала, и, когда курсор приобретает вид двунаправленной стрелки, нажимаем левую кнопку мыши и, не отпуская ее, перемещаем конец вала.

# 3. Ввод исходных параметров редуктора

Нажимаем на панели инструментов «Основная» кнопку «Начальные данные» (меню Схема/Начальные данные) и в соответствующие поля ввода появившегося диалогового окна «Начальные данные» записываем исходные данные проектируемого редуктора:

«Момент на выходе,  $H \cdot M$ » – 2000;

«Частота вращения на выходе, об/мин» - 20;

«Передаточное число» – 15;

«Долговечность, час» - 10000.

Вообще говоря, этих данных достаточно для проведения проектировочного расчета редуктора. Разбивка общего передаточного отношения по ступеням произойдет автоматически. Но у пользователя есть возможность просмотреть результаты разбивки и, при желании, скорректировать ее. Для перехода в режим корректировки разбивки по ступеням нужно нажать кнопку «Ручная разбивка» (меню Схема/Ручная разбивка), после чего откроется диалоговое окно «Исходные данные» (рис. 2).

В верхней части этого окна показываются те параметры элементов схемы, которые предлагаются программой. Пользователь может изменить любой из них. Для этого необходимо, во-первых, в группе параметров Условия разбивки отметить строку Ручная, а вовторых, из выпадающего списка Параметр ручной разбивки выбрать тот параметр, который нужно изменить.

Исходные данные		×
Элементы схемы		
1. U=3.974; n=75.498 об/мин; 2. U=3.775; n=20.000 об/мин;	T=529.813 H*M	
2. 0-3.775, 1-20.000 ВО/МИН,	1-2000.000111M	
Условия разбивки		
О Автоматическая	Параметр ручной	1 разбивки
• Ручная	Передаточное о	тношение 💌
Параметры всей цепи —		
частота вращения на вых	одном валу, оо/мин	20
Момент вращения на і	зыходном валу, Н*м	2000
Передаточное отношение цепи 15		
	Долговечность, ч	10000
ОК	Отмена	Справка

Рис. 2. Диалоговое окно «Исходные данные»

Затем следует указать ту ступень редуктора, для которой будет задан выбранный параметр. Это делается двойным щелчком левой кнопкой мыши на соответствующей строке в списке Элементы схемы. В активном поле ввода открывшегося диалогового окна «Параметры ступени № 1» (рис. 3) можно задать необходимое значение выбранного параметра (заметим, что из всех полей ввода этого окна активным будет только то, которое соответствует выбранному ранее параметру).

Параметры ступени №1	X
Передаточное отношение передачи	3.973
Момент вращения на выходном валу, Н*м	529.812
Частота вращения на выходном валу, об/мин	75.498
OK	cel

Рис. 3. Диалоговое окно «Параметры ступени № 1»

После изменения какого-либо параметра все кинематические параметры схемы редуктора будут немедленно пересчитаны в автоматическом режиме.

# 4. Выполнение расчета базового варианта редуктора

Расчет производится после нажатия на панели инструментов «Основная» кнопки «Расчет» (меню Схема/Расчет»).

Процесс расчета происходит следующим образом: вначале рассчитываются передачи выбранного пользователем типа, затем на основе полученных результатов конфигурируются состоящие из цилиндрических секций валы, коэффициент запаса по усталостной прочности каждого из которых не ниже 1,5. Наконец, по рассчитанным диаметрам участков вала, на которых по условию должны стоять подшипники, из базы данных автоматически подбираются подшипники указанного типа различных серий, причем с проверкой их по долговечности. В том случае, если по диаметру сконфигурированного вала не удалось найти подшипник из базы данных или найденный подшипник не обеспечивает заданную долговечность, пользователю выдается соответствующее сообщение с перечнем тех подшипников, с которыми возникли подобные проблемы.

Если после проведения расчета программа выдает сообщение «Не все подшипники выбраны из базы данных или имеют требуемую долговечность...», то это означает одно из двух:

1) под предложенный диаметр вала в базе данных не нашлось подходящего подшипника с таким же внутренним диаметром;

2) подшипник найден, но полученная в результате его расчета долговечность ниже той, которая задана в исходных данных для всего редуктора.

В обоих случаях необходимо изменить в сторону увеличения диаметр секции вала на том участке, где будет установлен подшипник. Под больший диаметр вала программа подберет подшипник с большей грузоподъемностью, который в результате будет иметь большую долговечность. После внесения всех изменений следует обязательно произвести повторный расчет редуктора.

Кнопка «Результаты» (меню Схема/Результаты расчета) на панели инструментов «Основная» становится активной после окончания расчета только при выборе пользователем определенного элемента схемы.

13

# 5. Просмотр результатов расчета

Выделяем тот элемент схемы, результаты расчета которого необходимо просмотреть. Для просмотра результатов удобнее использовать контекстное меню (рис. 4), вызываемое щелчком правой кнопкой мыши на каком-либо элементе. Элемент при этом выделять не обязательно.



Рис. 4. Контекстное меню

В зависимости от элемента схемы из контекстного меню могут быть выбраны следующие пункты:

**1. Параметры...** – при этом открывается окно задания исходных данных:

– в модуле APM Trans – диалоговое окно «Основные параметры»;

- в модуле APM Shaft - окно редактора с геометрией вала;

- в модуле APM Bear - окно задания геометрии подшипника.

**2.** Данные пользователя – этот пункт становится активным (и отмечается по умолчанию флажком) в том случае, если были изменены какие-либо данные, устанавливаемые по умолчанию.

**3.** Результаты расчета... – при этом открывается окно результатов расчета выбранного элемента схемы.

**4.** Точность... — данный пункт меню будет активным, если вызов контекстного меню происходит при позиционировании курсора на подшипнике; при этом открывается диалоговое окно

«**Точность изготовления**», с помощью которого можно задать/изменить параметры точности подшипника.

**5. Условия работы...** – этот пункт меню также относится только к подшипникам. Его выбор вызывает открытие диалогового окна **«Условия работы»**, позволяющего задать/изменить параметры нагрузки подшипника.

**6. Печать...** – открывает стандартное окно задания параметров печати в модуле APM Shaft или окно выбора данных для печати в модулях APM Trans и APM Bear.

**7. Печать в RTF...** – открывает стандартное окно сохранения файла в формате **\*.rtf** в модуле APM Shaft или окно выбора данных для печати и сохранения в файле формата **\*.rtf** в модулях APM Trans и APM Bear.

8. Исходный контур... – данный пункт меню будет активным, если вызов контекстного меню происходит при позиционировании курсора на зубчатой передаче; при этом открывается диалоговое окно «Исходный контур», с помощью которого можно задать/изменить стандарт, по которому будут производиться расчеты геометрии зубчатых колес.

9. Материал вала... – этот данный пункт меню становится активным, если вызов контекстного меню происходит при вызывает открытие позиционировании курсора валу И на диалогового окна «Материал вала», позволяющего задать/изменить параметры материала вала или выбрать материал из базы данных.

10. Удалить – позволяет удалить из схемы выбранный элемент редуктора.

# 6. Корректировка конструктивных параметров элементов редуктора

После проведения расчета базового варианта редуктора следует внести в конструкцию элементов некоторые коррективы. Так, обязательно нужно добавить концентраторы в виде галтелей или канавок для выхода шлифовального круга в местах перехода от одного диаметра сегмента вала к другому, иначе эти концентраторы не будут учитываться при расчете.

Для перехода в режим редактирования вала (напомним, что вначале нужно выделить тот вал, который необходимо отредактировать) следует либо нажать кнопку «Параметры

выделенного элемента» на панели инструментов «Основная» (меню Вид/Парамет-ры), либо выбрать строку Параметры... контекстного меню. В результате откроется основное окно модуля APM Shaft, с помощью которого в конструкцию вала можно внести необходимые изменения и дополнения.

Примечания 1. Для того чтобы внесенные изменения сохранились, нужно выйти из основного окна (меню **Файл/Выход**), а затем обязательно подтвердить выход еще раз, а именно – в открывшемся диалоговом окне. Если из основного окна модуля APM Shaft выйти с помощью крестика в правом верхнем углу окна, то внесенные изменения не сохранятся.

2. Если пользователя не устраивают предлагаемые геометрия зубчатых колес, конфигурация вала и/или автоматически подобранный программой тип подшипника, то он может ввести необходимые ограничения на расчет зубчатых колес, изменить геометрию вала или выбрать нужный тип подшипника.

# 7. Расчет откорректированного варианта редуктора

После корректировки конструктивных параметров элементов редуктора расчет необходимо повторить.

Примечание. Если расчет производится с ограничениями на расчет передач, то в результате выполнения расчета вал будет сконфигурирован заново и под него будут подобраны новые подшипники.

# 8. Генерация чертежей отдельных элементов

Пользователь имеет возможность получить чертежи отдельных элементов редуктора – зубчатых колес и валов.

# Генерация чертежа зубчатого колеса

Выбираем соответствующую передачу и либо нажимаем на панели инструментов «Основная» кнопку «Результаты» (меню Схема/Результаты расчета), либо выбираем в контекстном меню передачи строку Результаты расчета.... В открывшемся диалоговом окне модуля APM Trans нужно выбрать пункт Чертеж (поставить возле него флажок) и нажать кнопку «Продолжить». Далее поступаем в соответствии с процессом генерации чертежа зубчатого колеса в APM Trans.

# Генерация чертежа вала

Выбираем соответствующий вал и либо нажимаем на панели инструментов «Основная» кнопку «Параметры выделенного элемента» (меню Вид/Параметры), либо выбираем в контекстном меню передачи строку **Параметры....** В открывшемся основном окне модуля **APM Shaft** в меню **Файл** выбираем строку *Экспорт....* Далее поступаем обычным путем в соответствии с процессом генерации вала в APM Shaft.

Чертеж подшипника может быть взят из базы данных и встроен в графический редактор APM Graph.

# 9. Генерация чертежей спроектированного редуктора

Для генерации чертежа спроектированного редуктора вала нужно на панели инструментов «Основная» основного окна модуля APM Drive нажать кнопку «Экспорт» (меню Файл/Экспорт), а затем сохранить чертеж как файл с расширением \*.agr. После этого произойдет запуск плоского чертежного редактора APM Graph, в окне которого будет показана заготовка сборочного чертежа рассчитанного редуктора (вместе с корпусом), а также различные виды корпуса (рис. 5).



Рис. 5. Заготовка сборочного чертежа

# 10. Вывод результатов расчета на печать и в формате \*.rtf

Для вывода результатов расчета на печать следует нажать в основном окне программы на панели инструментов «Основная» кнопку «Печать» (меню Файл/Печать) и в открывшемся стандартном диалоговом окне «Печать» выбрать принтер и другие параметры печати. Настройка параметров печати производится с помощью меню Файл/Параметры печати.

Исходные данные и результаты расчета можно вывести в текстовый файл формата \*.rtf, который может быть открыт в большинстве текстовых редакторов. Для вывода результатов в формате \*.rtf следует выбрать в меню Файл/Печать в RTF..., ввести имя файла, указать его тип — \*.rtf и сохранить файл в этом формате.

# Практическое задание

Произвести проектировочный расчет многоступенчатого редуктора с произвольными параметрами. Просмотреть результаты расчета отдельных элементов редуктора, а также сгенерировать чертежи элементов передач и валов.

# СОДЕРЖАНИЕ

Санкт – Петербург	<u>5</u>
2007	5
УДК 621.81	<u>5</u>
ВВЕДЕНИЕ	
<u>ПРОЕКТИРОВОЧНЫЙ РАСЧЕТ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО</u>	
<u>ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА</u> В МОЛУ ПЕ АРМ Drive	6
	0
Общий порядок расчета	
Задача	1
Решение	7
1. Выбор типа расчета редуктора	7
2. Создание кинематической схемы редуктора	8
3. Ввод исходных параметров редуктора	11
4. Выполнение расчета базового варианта редуктора	<u>13</u>
5. Просмотр результатов расчета	14
<u>6. Корректировка конструктивных параметров</u>	
элементов редуктора	15
7. Расчет откорректированного варианта редуктора	<u>16</u>
8. Генерация чертежей отдельных элементов	
9. Генерация чертежей спроектированного редуктора	
10. Вывод результатов расчета на печать	
<u>и в формате *.rtf</u>	
Практическое задание	

Молодова Юлия Игоревна

# ПРОЕКТИРОВОЧНЫЙ РАСЧЕТ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА В МОДУЛЕ АРМ DRIVE

Практический учебный курс APM WinMachine для студентов всех специальностей всех форм обучения

> Редактор Р.А. Сафарова

*Корректор* Н.И. Михайлова

Компьютерная верстка Н.В. Гуральник

Подписано в печать 27.09.2008. Формат 60×84 1/16 Усл. печ. л. 1,16. Печ. л. 1,25. Уч.-изд. л. 0,94 Тираж 200 экз. Заказ № С 3

СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9 ИИК СПбГУНиПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9