

Атамкулова М.Т.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН APM WINMACHINE

М.Т. Atamkulova

USE OF SYSTEM OF THE AUTOMATED DESIGNING OF MACHINES WORKSTATION WINMACHINE

УДК: 621.81(076.1)

В последнее время все чаще применяют математическое моделирование с широким использованием автоматизированных расчетов, среди них следует особо отметить пакет программ APM Win Machine. В статье приведены возможности характеристика и возможности этой программы.

Ключевые слова: автоматизированный расчет, проектирование, машиностроение, соединение, вал, подшипник, конструкторская документация.

Recently more and more often applied mathematical modeling with extensive use of automated calculations, among them should be particularly noted the software package arm WinMachine. The article shows the features of the characteristics and features of this program.

Key words: automated calculation, design, engineering, connection, shaft, bearings, design documentation.

Современное развитие вычислительной техники позволяет значительно ускорить темпы проектирования и повысить его качество, для чего чаще применяют математическое моделирование с широким использованием автоматизированных расчетов. Для инженерных расчетов и подготовки конструкторской документации в настоящее время применяют такие программное обеспечение как, AutoCAD, КОМПАС, ANSYS. NASTPAN.OFLHUM из которых также является пакет программ APM WinMachine, производства Российского НТЦ «Центр», предназначенный для решения широкого спектра машиностроительных задач.

APM WinMachine - это пакет прикладных программ, созданный для автоматизированного расчета и проектирования в машиностроении и строительстве. Он состоит из отдельных модулей, предназначенных для решения отдельных классов задач.

APM WinMachine содержит:

APM WinJoint - модуль расчета и проектирования соединений элементов машин;

APM WinShaft - модуль расчета и проектирования валов и осей;

APM WinBear - модуль расчета и проектирования неидеальных подшипников качения;

APM WinPlain - модуль расчета подшипников скольжения;

APM WinScrew - модуль расчета неидеальных винтовых передач;

APM WinTrans - модуль расчета и проектирования механических передач вращения;

APM WinSpring - модуль расчета и проектирования упругих элементов машин;

APM WinCam - модуль расчета и проектирования кулачковых механизмов;

APM WinSlider - модуль расчета и проектирова-

ния рычажных механизмов произвольной структуры;

APM WinFEM2D - модуль конечно-элементного анализа плоских деталей;

APM WinBaem - модуль расчета и проектирования балочных конструкций;

APM WinTruss - модуль расчета ферменных конструкций;

APM WinFrame3D - модуль расчета и проектирования трехмерных рамных конструкций;

APM WinStructure - модуль расчета и проектирования стержневых, пластинчатых, оболочечных конструкций и их произвольных комбинаций;

APM WinDrive - модуль расчета и проектирования редукторов.

Ниже приводим краткое описание основных модулей, предлагаемых для использования в проектировании «Деталей машин».

Модуль расчета **APM WinJoint**.

APM WinJoint - это модуль расчета и проектирования соединений. Он позволяет выполнить комплексный расчет и анализ соединений, которые наиболее часто используются в машиностроении и строительстве.

Модуль позволяет рассчитать:

1. групповые резьбовые соединения, поставленные в отверстие с зазором и без него, установленные в произвольном порядке и предназначенные для соединения различных поверхностей. При этом в качестве элементов крепления могут быть рассчитаны болты, винты и шпильки, работающие при произвольном внешнем нагружении;

2. сварные соединения при произвольной внешней нагрузке и произвольном размещении сварных швов следующих типов:

- стыковые;
- тавровые;
- нахлесточные;
- соединения, выполненные точечной сварной;

3. заклепочные соединения произвольного размещения;

4. соединения деталей вращения, конструктивно выполненные как:

- соединения с натягом цилиндрической или конической форм;
- шлицевые или шпоночные соединения разных типов;

- штифтовые радиальные и осевые соединения;
- соединения коническими кольцами;

- клеммовые соединения различного конструктивного выполнения;

- профильные соединения различных модификаций.

APM WinJoint позволяет выполнить все

необходимые для выбранного типа соединения расчёты (в форме проверочного и проектировочного). При проектировочном расчёте производится комплекс вычислений по определению основных геометрических размеров соединения, а при проверочном - находятся значения коэффициентов запаса прочности. При этом критериями расчёта резьбовых соединений являются: условие отсутствия сдвига и разъединения стыка сопряженных поверхностей, а также статическая и усталостная прочность элементов соединения. Сварные швы рассчитываются из условия статической и усталостной прочности, а заклепочные - из условия прочности при постоянной нагрузке. Критерием расчёта соединений деталей вращения может быть (в зависимости от типа): условие отсутствия сдвига; условие появления зазоров в сопряженных поверхностях при износе; статическая и усталостная прочность элементов соединения, а также совокупность этих критериев.

Модуль расчёта APM WinShaft.

Модуль APM WinShaft представляет собой программу для расчёта и проектирования валов. Валы предназначены для передачи крутящего момента и поддержания вращающихся вместе с ним деталей. Они относятся к числу наиболее ответственных деталей машин, поэтому к ним предъявляются высокие требования по точности изготовления, прочности, жесткости, устойчивости и характеру колебаний. Модуль APM WinShaft позволяет выполнить весь цикл проектирования валов и осей, начиная от разработки конструкции и заканчивая полным статическим и динамическим расчетом.

С помощью APM WinShaft можно рассчитать и построить:

- реакции в опорах валов;
- эпюры моментов изгиба, и углов изгиба;
- эпюры моментов вращения и углов закручивания;
- деформацию вала;
- напряженное состояние при статическом нагружении;
- коэффициент запаса по усталостной прочности;
- эпюры распределения поперечных сил;
- собственные частоты и формы вала.

Модуль APM WinShaft имеет специализированный графический редактор для задания геометрии валов и осей. Редактор обеспечивает:

- задание конструкции вала;
- ввод нагрузок, действующих на вал;
- размещение опор, на которых установлен вал.

Примитивы APM WinShaft - это основные элементы конструкции вала (цилиндрические и конические участки, фаски, галтели, канавки, отверстия, участки с резьбой, шпонки, шлицы и т.д.), а также нагрузки, которые могут действовать на вал или опору.

Напряженное и деформированное состояние вала рассчитываются методами сопротивления материалов. Так, деформированное состояние описывается методом Мора, а раскрытие статической неопределенности выполняется методом сил. Статическая

прочность оценивается по эквивалентным напряжениям, полученным энергетическим методом. Динамические характеристики, такие как собственные частоты и собственные формы, определяются методом начальных параметров.

Расчет усталостной прочности сводится к нахождению коэффициента запаса в сечении вала при остоянной и переменной нагрузке.

В состав системы APM WinMachine входит единая база. Все необходимые параметры материалов, такие как модуль Юнга, коэффициент Пуассона, плотность и т.п., берутся из нее.

Модуль расчёта APM Win Bear.

APM WinBear выполняет комплексный анализ подшипников качения. Используя этот модуль, можно рассчитать основные характеристики подшипников и выбрать оптимальные конструкции подшипниковых узлов.

С помощью APM WinBear можно рассчитать:

- перемещения (жесткость);
- долговечность;
- наибольшие контактные напряжения;
- потери мощности;
- силы, действующие на тела качения;
- тепловыделение;
- момент трения.

APM WinBear выполняется весь комплекс проверочных расчетов, когда по известной геометрии подшипника рассчитываются его выходные характеристики. Решения предоставляют пользователю возможность наглядно качественно и количественно оценить пригодность подшипника и при необходимости наметить пути для подбора параметров более эффективных опор.

APM WinBear могут быть рассчитаны подшипники восьми типов:

- шариковые радиальные;
- шариковые сферические;
- шариковые радиально-упорные;
- шариковые упорные;
- роликовые радиальные;
- роликовые сферические;
- роликовые радиально-упорные;
- роликовые упорные.

Результаты нагрузок позволяют также определить серии энергетических характеристик, от которых зависит потребление энергии и рабочая температура подшипника: коэффициент полезного действия, моменты трения, потери мощности при трении, тепловыделение и т.д.

Результаты расчета представляются в виде:

- таблиц со статистическими характеристиками;
- гистограмм компонент перемещений;
- пространственного поля положений центра подшипника;
- анимации движения подшипника;
- графиков, описывающих изменения параметра по углу поворота подшипника.

Так как важным параметром расчета является информация о нагрузках действующих на тела качения, в модуле APM WinBear предусмотрен нагляд-

ный вывод этой информации на экран. Кроме того можно также наблюдать за вращением подшипника качения и изменять нагрузки. Все геометрические размеры подшипника задаются вручную, но можно воспользоваться единой базой данных, которая входит в состав APM WinMachine. Нагрузки на подшипник вводятся с экрана в зависимости от типа установки подшипника. Параметры точности по желанию пользователя выбираются с помощью базы данных по заданному классу точности.

Для случая, если действующие на вал внешние нагрузки изменяются во времени, имеется специализированный графический редактор с полным набором необходимых для ввода переменных параметров функций.

Нагрузки действующие на подшипник, могут быть произвольными, при этом в качестве внешней нагрузки можно рассматривать также и силу предварительного натяга. Величина натяга в зависимости от типа подшипника задается либо в виде приложенной осевой (радиальной) нагрузки, либо в виде радиальных (осевых) перемещений.

Модуль расчёта APM WinTrans.

Модуль APM WinTrans производит расчет передач и подготавливает конструкторскую документацию, включая рабочие чертежи. Процесс проектирования с использованием APM WinTrans сводится к заданию исходных данных и анализу полученного результата. С помощью модуля APM WinTrans можно выполнить весь комплекс конструкторских и технологических расчетов (как проектировочных, так и проверочных) передач вращательного движения, а также выполнить рабочие чертежи основных деталей этих передач в автоматическом режиме. В качестве объектов для расчетов выбраны передачи, широко используемые в практике проектирования.

С помощью APM WinTrans можно проектировать следующие типы передач:

- цилиндрические с прямым зубом как внешнего, так и внутреннего зацепления;
- цилиндрические косозубые внешнего зацепления;
- шевронные;
- конические с прямыми и круговыми зубьями;
- червячные;
- цепные;
- ременные.

При проектировочном расчете известными считаются кинематические и энергетические параметры, а результатом является определение геометрических размеров передачи при выбранных материалах и термообработке. Для выполнения расчета необходимо указать следующие исходные параметры передачи: передаваемый крутящий момент, ресурс, условия работы, передаточное отношение и т.д. Опираясь на эти данные, модуль APM WinTrans рассчитывает все геометрические параметры передачи.

Все расчеты проводятся как в условиях постоянного, так и переменного режимов реального нагружения. Учет переменного характера нагружения в APM WinTrans осуществляется либо в виде нормального переменного режима, либо с помощью

специального инструмента для ручного задания таких режимов.

В основу проектировочного и проверочного расчетов положены следующие критерии:

- усталостная, контактная прочность и усталостная прочность на изгиб для цилиндрических, конических и червячных передач;
- износостойкость шарниров цепи для расчета цепных передач;
- нагрузочная способность и долговечность ремня при проектировании ременных передач.

Можно наложить дополнительные ограничения на рассчитываемую передачу. Например, рассчитать передачу с требуемым межосевым расстоянием или другим каким-либо параметром.

Результатом расчета зубчатой передачи с помощью APM WinTrans является полный перечень параметров, необходимых при проектировании, а именно:

- геометрические параметры элементов передач;
- силы, действующие на валы от передач;
- действующие напряжения и величины допускаемых напряжений;
- весь спектр параметров контроля качества изготовления;
- параметры качества передачи;
- рабочие чертежи ведущего и ведомого элементов передачи.

С помощью APM WinTrans можно проверить несущую способность известной передачи (то есть, передачи с заданными геометрическими параметрами, условиями работы, термообработкой колёс и т.д.) несущая способность оценивается по двум критериям:

- ресурс работы передачи при заданном передаваемом моменте;
- максимальный передаваемый момент при заданном ресурсе.

APM WinTrans предоставляет пользователю все необходимые данные для проверки качества изготовления элементов передачи. Для цилиндрических передач контролируются следующие параметры:

- параметры торцевого профиля зубьев;
- параметры постоянной хорды;
- параметры общей нормали;
- параметры по толщине хорды;
- параметры контроля по роликам;
- параметры проверки положения разноимённых профилей зубьев;
- параметры качества зацепления.

В модуле APM WinTrans можно создать рабочий чертёж элемента рассчитываемой передачи. Чертеж сохраняется в формате DXF. При подготовке чертежа в модуле есть возможность:

- изменять, в известных пределах, конструкцию передачи и уточнять конфигурацию изображаемой детали и других элементов чертежа;
- проставлять предельные отклонения размеров и указывать технические требования чертежа;
- заполнять главную надпись чертежа и т.д.

Все это задается в зависимости от нормативных

параметров и требований действующих стандартов и норм. Для выполнения этих операций в APM WinTrans имеется полный набор простых и удобных средств. Если в компьютере пользователя установлен AutoCAD™, то его можно вызывать непосредственно из модуля WinTrans для окончательного редактирования чертежа и дальнейшей распечатки на бумаге.

Модуль расчёта APM Graph.

Модуль APM Graph предназначен для выполнения графической части компьютерной подготовки конструкторской документации (возможно, из полученной в результате расчётов заготовки чертежа спроектированной детали). APM Graph представляет собой графический редактор, который можно использовать для оформления графической части конструкторской документации. Он может использоваться для подготовки исходных данных при работе отдельных модулей системы APM WinMachine. С этой целью в каждой из прикладных расчетных программ имеется возможность импорта графической информации.

Для вычерчивания объектов имеется набор примитивов (простейших объектов чертежа), таких как линия, окружность, дуга, сплайн. Причем объекты можно рисовать как в свободном режиме, так и связанным с другими объектами: параллельно, перпендикулярно, касательно и др. При выполнении чертежей существует возможность привязки к контрольным точкам (концам линии, центрам дуг и окружностей и др.) или к середине отрезка.

Для каждого примитива существует несколько способов задания. В зависимости от установленных параметров геометрические связи между объектами могут закрепляться и отслеживаться при редактировании. Точные числовые параметры примитивов можно ввести в диалоговом окне ручного ввода.

В модуле APM Graph имеются команды, которые можно использовать для нанесения линейных и угловых размеров. Размеры проставляются как в автоматическом, так и ручном режиме. Они легко редактируются. Имеется возможность простановки допусков линейных и угловых величин. Величины допусков можно взять из библиотеки APM Data.

Для рисования объектов различными типами линий имеется встроенный редактор типов линий. Разработанные типы линий можно записывать в файл и использовать их в дальнейшем в других чертежах.

При вводе текста имеется возможность форматирования абзаца: задание отступов; интервалов; выравнивания; угла наклона. Штриховка создается нескольких типов: сплошная заливка; градиентная заливка; наклонными линиями; предопределения штриховка и текстурная, когда в качестве образца используется bmp или wfin файл.

Для нанесения размеров на чертеж используются следующие типы: линейные, угловые и радиальные. Имеется возможность простановки различных специальных символов: допусков, знаков базы, шероховатости, выносок и специальных знаков. Для

соединения линий и дуг можно делать скругления или фаски по различным типам параметров. В чертежно-графическом редакторе есть возможность нанесения графических символов, выполненных согласно существующим ГОСТам на оформление графической документации. Эти символы используются в качестве условных обозначений чистоты обработки поверхности детали, технических требований на эти поверхности, а также некоторых специальных элементов, таких как сварные швы и т.д.

Следует отметить, что дополнительно с редактором поставляется набор библиотек стандартных элементов. Удобным инструментом оформления конструкторской документации является редактор таблиц, использование которого существенно облегчает работу по оформлению технических документов, включающих таблицы различных форм и размеров. С помощью этого редактора можно сформировать таблицу произвольного содержания, выбрать подходящий тип линий и заполнить поля текстовой информацией. Удобно организованы операции редактирования.

Для более удобной работы с чертежом предусмотрена работа с блоками. Блок – это совокупность объектов, с которой можно работать как с одним объектом. Можно создавать блоки, как из отдельных примитивов, так и использовать вложения блоков друг в друга. Их можно сохранять в отдельном файле для организации библиотек конструкций. При работе над чертежом предусмотрена возможность размещения объектов по различным слоям. Слоями можно управлять с помощью менеджера слоев, где можно управлять включением/отключением и блокировкой/разблокировкой слоев.

Объекты чертежа можно редактировать различными способами: перемещать, создавать копии, вращать, масштабировать, зеркально отображать, создавать прямоугольный и круговой массивы, смещать объекты. Можно производить разрыв линий, дуг, окружностей или сплайнов в точке или между двумя точками.

В чертежном редакторе существует буфер на 200 команд отменить/повторить. Имеется возможность предварительного просмотра чертежа и его печати на принтер или плоттер.

В чертежно-графическом редакторе есть возможность параметрического задания графического объекта. Под этим понимается создание чертежа с помощью параметризованных блоков, которые представляют собой блоки с заданными параметрами. Например, можно создать параметризованный блок «фланец» с параметрами внутренний и внешний диаметр, количество и диаметр отверстий и т.д. после этого блок «фланец» можно использовать во многих чертежах, не создавая его каждый раз заново, а лишь задавая его новые параметры.

Крайне важен тот факт, что любая машина наполовину состоит из типовых деталей и узлов, и в этой связи параметризация позволяет автоматически рисовать геометрические объекты, если после выполнения необходимых расчетов последние были за-

даны параметрически. При работе в этом режиме автоматически сохраняется последовательность выполняемых команд и их атрибутов. Этим атрибутам можно присваивать соответствующие имена и задавать необходимые числовые и функциональные соотношения. Функциональные соотношения могут быть совершенно произвольными, т.е. описанными любыми аналитическими функциями. Для задания таких функций имеется специальный редактор анализа и преобразования аналитических данных.

Стандартные конструктивные графические элементы, оформленные в виде параметрических объектов в среде АРМ Graph, включены в состав единой базы и функционируют вместе с ней как в режиме

расчета, так и в режиме прорисовки.

При вставке параметризованной модели пользователь задает значения переменных величин, по которым строится блок.

Литература:

1. Безик Д.А., Романов Н.А. Автоматизированное проектирование машин на примера расчета редуктора. Учебное пособие. Брянск. БГСХА, 2006.-31 с.
2. Безик Д.А., Романов Н.А. Расчеты напряженного состояния элементов грузоподъемных машин с использованием современного программного обеспечения // Подъемно транспортное дело, №1, 2008. - С, 2-5.

Рецензент: д.т.н., профессор Осмонов Ы.Дж.
