

УДК 621.81

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЁТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРИВОДА ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ СТАНКА

Ерёмин Андрей Андреевич

*Магистрант 1 года,
кафедра «Автоматизированные станочные системы»,
Тульский государственный университет*

*Научный руководитель: Троцкий Д.И.,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные станочные системы»*

Металлорежущие станки являются основным видом заводского оборудования, предназначенным для производства современных машин, приборов, инструментов и других изделий, поэтому количество и качество металлорежущих станков, их техническая оснащённость в значительной степени характеризуют производственную мощь страны.

Эффективность проектирования и внедрения передовой технологии, комплексной механизации и автоматизации процессов производства металлорежущих станков обеспечивается широко развитой специализацией производства на основе агрегатирования, унификации и нормализации деталей и целых узлов. В связи с необходимостью увеличения числа МРС стоит задача создания модернизированных станков на базе существующих моделей. Данная задача является трудоёмкой и для эффективного её выполнения применяются ЭВМ с системами автоматизированного проектирования и системами автоматизированных инженерных расчётов. Объём математических расчётов при проектировании достаточно большой, а сами вычисления трудоёмкие. Это служит толчком к созданию систем автоматизированных проектировочных и проверочных расчётов, которые позволят выполнять вычисления с помощью ЭВМ и переложить тем самым основной упор на непосредственную разработку конструкций деталей и узлов.

По имеющимся методикам расчёта основных параметров и узлов приводов главного движения станков разработана интегрированная система «Design». Система включает модули для выполнения следующих типовых расчётов: кинематический расчёт привода главного движения, расчёт клиноременной передачи, расчет зубчатых передач (чисел зубьев групповых зубчатых передач, модуля цилиндрической прямозубой зубчатой передачи), прочностной расчёт шпонок, расчёт опорных реакций, статической и динамической грузоподъёмности подшипников и изгибающих моментов вала, расчёт сечений сплошного вала на статическую прочность и выносливость, расчёт шпинделя на изгибную жесткость.

Кинематический расчёт привода включает выбор, вычисление и уточнение основных кинематических параметров, а именно:

- 1) определение требуемого количества скоростей на выходе;
- 2) определение минимального и максимального значения частоты вращения шпинделя;
- 3) выбор показателя геометрического ряда частот вращения шпинделя;
- 4) определение возможных простых и развёрнутых структурных формул привода, их сравнение между собой и выбор наиболее оптимального варианта;
- 5) определение передаточного отношения линии редукции и его разбивка между передачами привода, а также выбор наиболее оптимального варианта этой разбивки;
- 6) графическое построение структурных сеток и диаграмм частот вращения для выбранных вариантов;

7) вычисление значений геометрического ряда частот вращения шпинделя.

Целью *расчёта клиноременной передачи* является определение параметров ременной передачи, способной передать требуемую мощность в заданных условиях. Основными параметрами являются: диаметры шкивов, межцентровое расстояние, тип сечения ремня, количество ремней.

Применённая методика позволяет выполнять расчет клиноременной передачи с двумя шкивами без натяжного ролика при передаваемой мощности не более 30 кВт. Расчет производится по мощности, передаваемой одним ремнем.

При выборе варианта передачи предпочтение следует отдавать тому, у которого размеры сечения ремня меньше и больше диаметры шкивов. Это увеличивает срок службы передачи. Не рекомендуется использовать больше восьми ремней, так как они неравномерно нагружаются вследствие неточного изготовления канавок, разных длин, размеров сечений и упругих свойств отдельных ремней.

Если ременная передача работает при различных передаточных отношениях (сменные шкивы) или оборотах, то рассчитывается тот вариант передачи, при котором частота вращения начинает обеспечивать передачу полной мощности.

Размеры сечений ремней, длин и профиля канавок шкивов с допускаемыми отклонениями принимаются по ГОСТ 1284.1-89.

Расчёт чисел зубьев групповых зубчатых передач выполняется при проектировании соответствующих деталей привода. Библиотека позволяет выполнять расчёт одиночных передач, блоков-двоек, блоков-троек и передач на 4 скорости (двух блоков-двоек). Исходными данными являются количество передач, передаточные отношения, минимальная и максимальная сумма зубьев. Выходные данные - количество зубьев у ведущего и ведомого колёс каждой из передач, фактические передаточные отношения и их относительная погрешность от заданных значений.

Целью *расчёта модуля зубчатой передачи* является определение такой величины модуля, который обеспечил бы требуемую изгибную прочность зубьев. Расчёт выполняется по заданному моменту, параметрам шестерни (отношение ширины венца к начальному диаметру, коэффициент распределения нагрузки по ширине, число зубьев шестерни, коэффициент формы зуба) и допускаемому напряжению на усталость при изгибе.

Целью *прочностного расчёта шпонок* является определение допускаемого напряжения смятия для выбранных геометрических параметров шпонки в конкретных условиях её использования. Исходными данными являются крутящий момент на валу, диаметр вала, длина и высота шпонки, глубина паза вала и допускаемое напряжение для выбранного материала. Длины шпонок выбираются из стандартного ряда. Размеры сечения и диаметры вала, для которых может использоваться конкретный вид шпонок, тоже являются стандартными и выбираются из справочной таблицы. Предусмотрен расчёт трёх разных конструктивных вариантов исполнения шпонок.

Расчёт подшипниковых опор валов служит для определения опорных реакций, а также статической и динамической грузоподъёмностей подшипников.

Имеется 12 различных схем нагружения для расчета двухопорного вала на радиальных подшипниках. Расположение внешних сил относительно опор вала выявляется в процессе выполнения чертежа развертки привода. Направление действия сил определяется из чертежа поперечного разреза привода или схемы свертки валов, выполненной в масштабе для кинематической цепи привода, по которой передается полная мощность.

Другим важным расчётом является *расчёт валов на прочность и выносливость*. Используемая методика позволяет производить расчет запаса статической прочности и запаса выносливости в сечении сплошного вала при изгибе, кручении и их совместном действии с учетом влияния конструктивной формы вала. Для этого достаточно иметь в тонких линиях развертку рассчитываемого привода станка со всеми расположенными

на валах деталями. Размеры сопрягаемых диаметров валов, шпоночных, шлицевых и резьбовых соединений, выточек и канавок под стопорные кольца (или для выхода шлифовального круга и резца) и других стандартных элементов конструкций должны быть приняты по нормам ЕСКД.

Главным этапом в проектировании привода главного движения является *расчёт шпинделя на изгибную жёсткость*. Целью данного расчёта является определение величины перемещения шпинделя в различных его точках и сравнение этих значений с допустимыми, на основании чего делается вывод о пригодности данной конструкции шпинделя к эксплуатации. В качестве опор принимаются подшипники качения.

Для расчета приняты следующие исходные положения: шпиндель рассматривается как балка ступенчато-переменного сечения на податливых точечных опорах; деформации подчиняются закону Гука; податливость опор не зависит от нагрузки; силы резания и силы в передачах привода представляются в виде сосредоточенных радиальных сил и изгибающих моментов.

Основным критерием расчета является радиальное перемещение переднего торца шпинделя под действием указанных сил и моментов, определяемое как алгебраическая сумма перемещений, обусловленных деформациями (В перемещении учитываются только деформации тела шпинделя и его опор. Собственные деформации обрабатываемой детали, режущего инструмента, конического или другого соединения инструмента со шпинделем определяются дополнительными расчетами, не относящимися к расчетную шпиндельного узла на жесткость).

Чаще всего шпиндель имеет пространственное нагружение, поэтому расчет его жесткости производят в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, совпадающих с направлениями составляющих сил резания, а суммарные деформации определяют геометрическим сложением.

Как правило, шпиндель представляет собой многоступенчатый вал со сквозным цилиндрическим отверстием. Для упрощения расчета при составлении расчетной схемы количество ступеней можно сократить за счет усреднения некоторых малоотличающихся диаметров.

Применённая методика обеспечивает анализ шести расчетных схем шпинделя: двухопорный шпиндель, приводной элемент - зубчатая передача, расположенная между опорами; двухопорный шпиндель, приводной элемент расположен консольно на заднем конце шпинделя, для второй схемы - зубчатая передача, для третьей - ремённая; трехопорный шпиндель, приводной элемент - зубчатая передача, расположенная между опорами; двухопорный шпиндель с разгрузкой от изгибающих сил привода.

Расчет угловых и линейных перемещений оси шпинделя осуществляется по известной методике, изложенной в курсе «Сопротивление материалов». Поскольку деформации шпинделя малы по сравнению с их размерами, для их вычисления можно воспользоваться приближенным дифференциальным уравнением изогнутой оси.

Способы расчёта для разных схем в основном отличаются уравнениями моментов и дифференциальными уравнениями для определения линейных и угловых перемещений.

По указанным методикам в среде программирования Delphi разработана система автоматизированных расчётов «Design». Система имеет графический многооконный пользовательский интерфейс. Используемая программой база данных хранится в формате MDB с защитой паролем. Доступ к базе данных осуществляется по технологии ADO с помощью драйвера Microsoft.Jet.OLEDB.

Оболочка представляет собой единственный исполняемый файл, который является основным и с помощью которого осуществляется доступ ко всем расчётным модулям. Функции оболочки:

- 1) Начальное взаимодействие с пользователем при запуске системы.

- 2) Запрос информации о пользователе (в данном случае – имени и инициалов студента и номер учебной группы).
- 3) Вывод списка всех установленных модулей и их описаний.
- 4) Запуск и завершение работы расчётных модулей.
- 5) Вывод результатов работы (отчётов) во внешние файлы.
- 6) Доступ к справочной системе модулей.

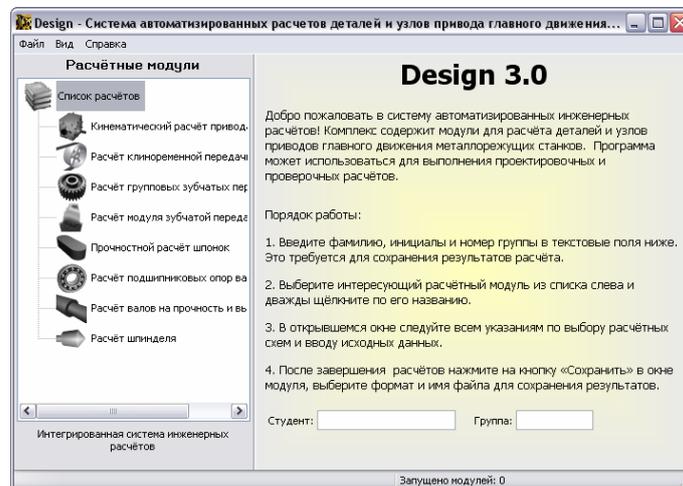


Рис. 1. Общий вид оболочки Design

Оболочка может работать в двух режимах – пользовательском и режиме администратора. Последний предоставляет дополнительные возможности, а именно:

- 1) Добавление, изменение и удаление расчётных модулей в систему.
- 2) Вывод отчётов в дополнительные форматы файлов с возможностью их редактирования.

Вход в режим администратора выполняется с помощью пароля. При необходимости пароль можно изменить.

Каждый из расчётных модулей выполняет определённый тип инженерных расчётов и может работать независимо от остальных. Их запуск происходит с помощью оболочки (Shell). Взаимодействие с оболочкой происходит и во время работы путём двусторонней передачи команд и данных. Каждый из модулей разрабатывается независимо и оформляется в виде динамической библиотеки (DLL). Для подключения нового модуля следует добавить его в базу данных программы в режиме администратора.

После того, как любая из библиотек выполнила свою задачу, т.е. были введены все требуемые исходные данные и произведены расчёты, результаты передаются в оболочку и она переходит в режим создания отчёта – полностью изменяется её рабочая область.

В верхней части окна отображается название модуля, с результатами которого оболочка работает в данный момент, а рядом указано количество принятых текстовых строк. Основные форматы отчёта – графические, и ниже можно задать параметры:

Соотношение сторон изображения: в режиме «пропорционально А4» ширина и высота ограничиваются пропорциями формата А4 (т.е. 210x297 мм), а в режиме «произвольное в рамках А4» изображения формируются таким образом, чтобы их можно было распечатать на листе А4 без изменения масштаба (например, вставив в документ Microsoft Word). Наличие данной опции обусловлено тем, что модули выдают разные по объёму текстовые результаты: в одних случаях ширина строк небольшая (30-40 символов), а в других – существенно больше (до 80-100 символов). Соответственно и размеры выходного изображения могут быть совершенно разными, но они должны быть приемлемыми для печати на стандартном листе.

Шрифт – выбор названия и размера шрифта, используемого для вывода текста. Рекомендуется выбирать моноширинные шрифты (Courier New, Lucida Console и т.п.), так как генерируемые большинством модулей отчёты используют символьное выравнивание текста. Рекомендуемый размер шрифта: 10-12.

Рамка – определяет, следует ли обрамлять каждую страницу тонкой рамкой. Это может быть полезно, если в документе идёт чередование текста и отчётов из Design.

В блоке рядом указывается номер группы и фамилия студента. Эти данные также можно указать на экране после запуска оболочки. Ниже располагаются кнопки предварительного просмотра и сохранения отчёта.

Отчёт может быть сохранён в форматах BMP, EMF или JPG, а также в формате TXT в режиме администратора. Для графических форматов делается специальная подложка с названием системы. Цель – запретить (или по крайней мере усложнить) возможность фальсификации данных в отчёте.

Если сформированный отчёт размещается на нескольких страницах, то помимо файла с выбранным именем все остальные страницы сохраняются в файлы с постфиксом «(N)», где N – номер страницы.

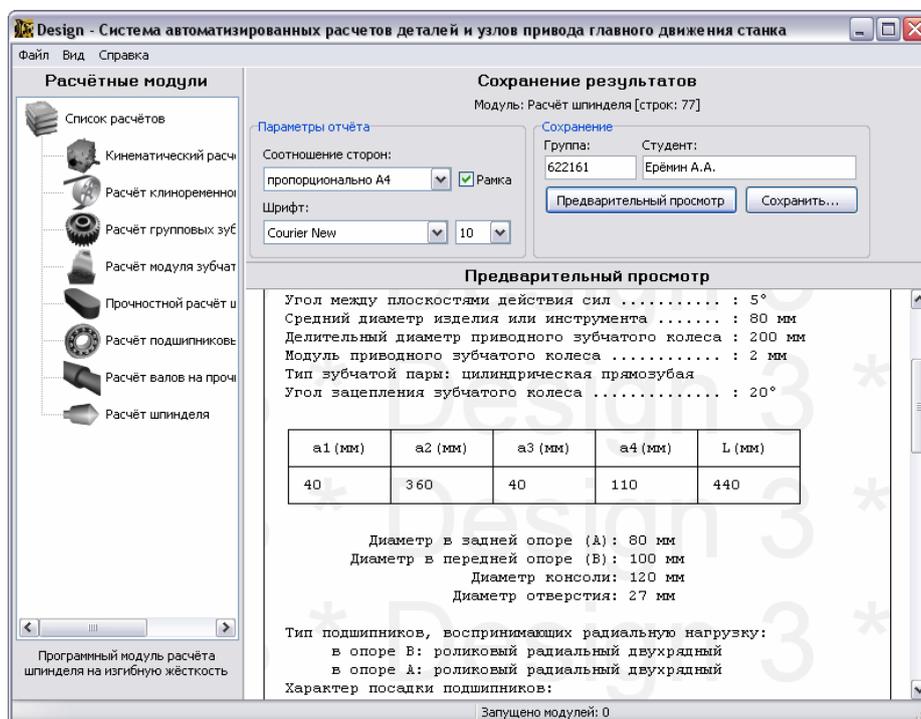


Рис. 2. Оболочка в режиме создания отчёта

Для оценки корректности выполнения расчётов было проведено параллельное тестирование разработанной программы Design и программы Design for DOS (создана в 1997 г.) на одинаковых исходных данных. Каждый из расчётных модулей подвергся тестированию при разных вариантах исходных данных (различных схемах расчётов). Все результаты являются корректными и могут быть использованы при проектировании.

Разработанная система автоматизированных расчётов представляет большую ценность для студентов и работников механико-технологической сферы. Она даёт возможность проводить наиболее часто выполняемые расчёты по проектированию приводов главного движения для металлорежущих станков и таким образом может применяться как в учебном процессе при выполнении расчётных, курсовых работ и курсовых проектов, так и в реальных промышленных условиях на этапах конструкторской и технологической подготовки производства.

Программный комплекс удовлетворяет всем поставленным требованиям, а именно: поддержка всего спектра технических расчётов, связанных с проектированием приводов для станков, использование современных технологий построения приложений под операционную систему Windows, применение развитых и гибких средств работы с базами данных, автоматическое формирование отчётов с результатами работы программных модулей, увеличение степени защиты отчётов от изменения путём нанесения специальных знаков, открытость системы для сторонних разработчиков и возможность динамического добавления новых расчётных библиотек, возможность работы с программой из учётных записей с ограниченными правами доступа.

Литература

1. *Чернавский С.А., Ицкович Г.М., Боков К.Н.* Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие для техникумов - М.: Машиностроение, 1979.-351с.
2. *Анцев В. Ю., Иноземцев А. Н., Савушкин В. Н.* Автоматизированное проектирование приводов главного движения металлорежущих станков. Учебное пособие. – ТулГУ, 1997.
3. *Сабиров Ф. С.* Расчет и конструирование станков. Применение ЭВМ в курсовых и дипломных проектах: Учеб. пособие. - М.: Мосстанкин, 1982. - 36с.
4. *Ерёмин А.А.* Система автоматизированных расчётов деталей и узлов привода главного движения станка. – ТулГУ, 2010.
5. *Анурьев В. И.* Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т. 2. - М.: Машиностроение, 1982. - 584с.
6. *Иванов М. Н.* Детали машин: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1984.- 336с.