

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОВЕРОЧНЫХ РАСЧЕТОВ МЕХАНИЗМОВ МАШИН ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Студ. Беляев А.В., к.т.н., доц. Бувевич Т.В.

УО «Витебский государственный технологический университет»

Обязательным этапом процесса конструирования механизмов машин легкой промышленности является выполнение ряда поверочных расчетов для подтверждения работоспособности новой конструкции. Как правило, выполнение этих расчетов очень трудоемко, требует много внимания и времени. Поставлена задача автоматизировать некоторые из поверочных расчетов.

Разработаны программы, автоматизирующие:

- расчет механизмов на точность,
- расчет шатуна на прочность,
- расчет кинематических пар на удельное давление и долговечность.

Программы предназначены для эксплуатации под управлением операционных систем, таких как: Microsoft Windows (95, 98), Microsoft Windows XP (SP1, SP2, SP3, Home, Professional), Microsoft Windows Vista, Microsoft Windows 7, Aston. Программы обладают следующими достоинствами: могут работать почти во всех известных операционных системах, предназначенных для персональных компьютеров, имеют привычный для многих пользователей интерфейс.

Функции, выполняемые программами:

- вывод на экран окна для запроса исходных данных;
- организация ввода данных с отображением их на экране, а также с возможностью удаления уже введенных числовых символов;
- расчёт по заданным параметрам;
- вывод на экран результатов окончательных и промежуточных расчетов.

Для вызова программы необходимо с помощью команд операционной системы компьютера сделать текущим каталог, в котором находится файл требуемого расчета «Расчёт на точность.exe», «Расчёт шатуна на прочность.exe» или «Расчёт кинематических пар.exe» и вызвать его на выполнение двойным щелчком по значку правой кнопкой мыши или нажатием клавиши Enter. После запуска программы на экране появляется окно для запроса исходных данных. Пользователи вводят их непосредственно в редактируемую строку.

Окончанием ввода данных служит нажатие пользователем кнопки «Расчёт». Метод решения поставленной задачи заключается в последовательном просмотре введенных переменных, подстановки их в соответствующую формулу и вычисления. В качестве результата программы выводят на экран окончательный и промежуточные ответы.

Рассмотрим работу с программой расчета механизмов на точность. В теории точности решаются задачи определения отклонений положений звеньев реальных механизмов от положений идеальных. Указанные отклонения возникают вследствие погрешностей изготовления и монтажа механизмов, износа кинематических пар и других причин.

Программа предусматривает возможность расчета на точность механизмов двух типов- коромыслово-ползунного и кулачкового. Тип механизма выбирается перед вводом исходных данных. Исходными данными являются: параметры схемы идеального механизма- номинальные параметры; отклонения реальных параметров от номинальных- первичные ошибки; положение ведущего звена- угловая координата. Для коромыслово-ползунного механизма соответственно: $q_1=AB$, $q_2=BC$, $q_3=Y_C$; Δq_1 , Δq_2 , Δq_3 ; угол φ . Для кулачкового: $q_1=OB$, $q_2=AB$, $q_3=OA$; Δq_1 , Δq_2 , Δq_3 ; угол φ .

Ошибка положения ведомого звена механизма, это разность между координатами ведомого звена в реальном и идеальном механизмах. В коромыслово-ползунном механизме

координаты ведомого ползуна С в идеальном и реальном механизмах обозначены соответственно X_0 и X . Тогда ошибка положения ΔX определится из разности $\Delta X = X - X_0$. В кулачковом механизме координаты толкателя АВ в идеальном и реальном механизмах обозначены соответственно ψ_0 и ψ . Тогда ошибка положения $\Delta \psi$ определится из разности $\Delta \psi = \psi - \psi_0$.

Ошибки положения вычисляются также другим способом, через коэффициенты значимости первичных ошибок звеньев $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ из выражений: $\Delta X = \Delta q_1 \lambda_1 + \Delta q_2 \lambda_2 + \Delta q_3 \lambda_3$ и $\Delta \psi = \Delta q_1 \lambda_1 + \Delta q_2 \lambda_2 + \Delta q_3 \lambda_3$.

Коэффициенты значимости $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ представляют собой частные производные функции перемещения $X(\varphi)$ - коромысло-ползунного механизма, $\psi(\varphi)$ - кулачкового механизма при номинальных параметрах схем q_1, q_2, q_3 .

В программе организован вывод на экран ошибки положения, координат ведомого звена в идеальном и реальном механизмах, коэффициентов значимости.

Рассмотрим работу с программой расчета шатуна на прочность.

Представим шатун в виде балки с шарнирными опорами в точках А и В. Расчетная схема шатуна представлена на рисунке 1. Расположим шатун в некоторой подвижной системе координат $n-\tau$, ось τ которой проходит по линии центров АВ шатуна с началом в точке А. Пусть в центре масс S приложена сила инерции шатуна $P_{и}$ ($\alpha_{и}$ – угол между осью $A\tau$ и направлением $P_{и}$) и момент сил инерции $M_{и}$.

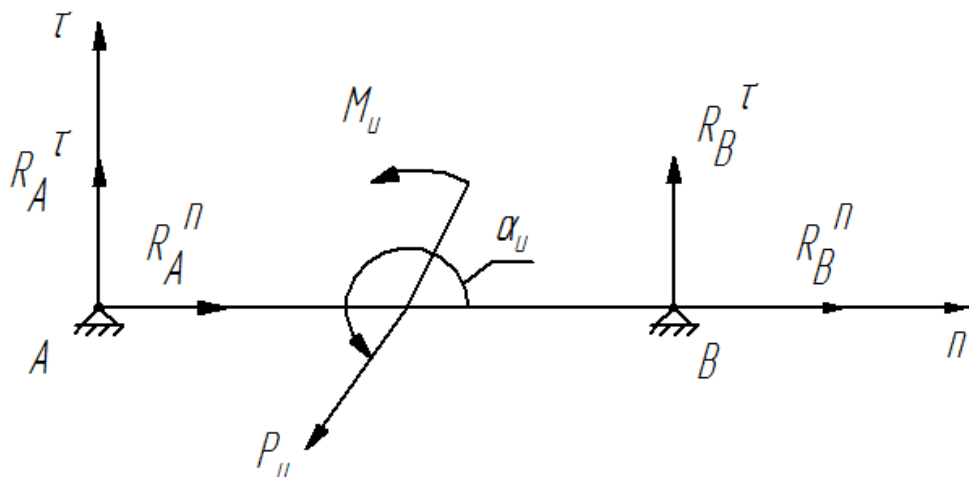


Рисунок 1 – Расчетная схема шатуна

Проекция силы $P_{и}$ на ось $A\tau$ вызывает напряжение изгиба в сечениях балки. Максимальное напряжение изгиба: $\sigma_{и\max} = \frac{M_{и\max}}{W_{и}}$, где $M_{и\max}$ - максимальный изгибающий момент; $W_{и}$ – момент сопротивления изгибу сечения шатуна.

Проекция на ось An силы $P_{и}$ вызывает в сечении шатуна напряжения растяжения-сжатия.

Максимальное напряжение растяжения: $\sigma_{p\max} = \frac{R_B^n}{F}$, где R_B^n - максимальная сила растяжения-сжатия; F – площадь сечения шатуна.

Суммируя напряжения изгиба и растяжения определим суммарное напряжение в опасном сечении: $\sigma_c = \sigma_{и\max} + \sigma_{p\max}$.

Вычисленное максимальное суммарное напряжение сравнивается с допусковым.

Исходные данные: АВ, AS размеры шатуна с чертежа; $R_{и}$ - сила инерции, $\alpha_{и}$ – угол между осью Ат и направлением $R_{и}$, момент сил инерции $M_{и}$ - результаты силового расчета механизма; А, В, С, Н- размеры сечения шатуна. Форма сечения представлена на рисунке 2.

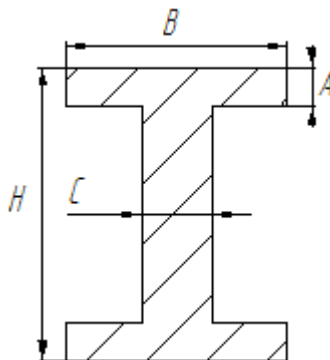


Рисунок 2 – Форма сечения шатуна

В программе организован вывод на экран: суммарного напряжения в опасном сечении, проекций сил реакций и инерции, изгибающих моментов, момента сопротивления изгибу сечения шатуна, площади сечения шатуна.

Рассмотрим программу расчета кинематических пар на удельное давление и долговечность.

Условие прочности по удельному давлению имеет вид: $p_{\max} = \frac{R_{\max}}{l \cdot d} \leq [p]$, где: p_{\max} – максимальное удельное давление, Н/м²; l, d – длина и диаметр цилиндрической поверхности контакта пары, м; R_{\max} – максимальный модуль реакции в кинематической паре (определяется посредством силового анализа механизма), Н; [p] – допускаемое удельное давление, Н/м².

Условие долговечности имеет вид: $\phi V_{-ep} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_i V_i \leq [pV]$, где: $(pV)_{cp}$ – среднее значение коэффициента долговечности; p_i – удельное давление в кинематической паре для i - го положения механизма, Н/м²; V_i – окружная скорость скольжения элементов вращательной кинематической пары в i – ом положении исполнительного механизма, $V_i = \omega_i \cdot d/2$; ω_i – модуль угловой скорости относительного вращения элементов кинематической пары в i- ом положении механизма; [pV] – допускаемое значение коэффициента долговечности.

Исходные данные: l, d – длина и диаметр шарнирной оси, м; R_i – модуль реакции в кинематической паре в i-ом положении механизма (i=1...N, N-число положений механизма за кинематический цикл); ω_i – модуль угловой скорости относительного вращения элементов кинематической пары в i- ом положении механизма (i=1...N, N-число положений механизма за кинематический цикл); [p] – допускаемое удельное давление; [pV] – допускаемое значение коэффициента долговечности.

В программе организован вывод на экран: максимального удельного давления, среднего значения коэффициента долговечности; удельных давлений и модулей угловых скоростей относительного вращения элементов кинематической пары для N положений кинематического цикла.

Автоматизация поверочных расчётов механизмов позволяет пользователю за короткое время провести требуемые вычисления. Вывод промежуточных результатов расчета позволяет использовать программы для проверки самостоятельной работы студентов по соответствующим темам дисциплины «Расчет и конструирование машин и аппаратов легкой промышленности». Разработка имеет большое практическое значение в области расчета и конструирования механизмов на производстве и в учебном процессе.